COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AVRIL 1890,

PRÉSIDENCE DE M. HERMITE.

M. le **Président**, après la lecture de la Correspondance, prononce les paroles suivantes :

« L'Académie a fait une grande, une irréparable perte; M. Peligot a succombé mardi dernier à la maladie qui le tenait depuis longtemps éloigné de nous.

» Les découvertes et les travaux de notre Confrère ont rendu les plus éminents services à l'Agriculture et à l'Industrie; son nom est attaché à l'isolement et à la préparation de l'uranium; ses leçons de Chimie au Conservatoire des Arts et Métiers, à l'École centrale et à l'Institut agronomique laisseront un souvenir ineffaçable.

» Peligot, qui a donné l'exemple d'une longue carrière consacrée avec un absolu dévouement à l'étude et à ses devoirs, joignait au mérite scientifique la bonté et une grande élévation de caractère.

» Je rends à sa mémoire, au nom de l'Académie, à laquelle il a appartenu pendant trente-huit ans, le suprême hommage de notre affection et de nos regrets, je lève la séance en signe de deuil. »

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la théorie du système optique formé par un double miroir plan installé devant l'objectif d'un équatorial et mobile autour d'un axe;* par MM. **Lœwy** et **Puiseux**.

« Dans une première Note présentée à l'Académie, nous avons exposé les formules relatives à l'emploi d'un miroir plan mobile autour d'un axe. Nous nous proposons d'étudier maintenant le système obtenu en remplaçant le miroir unique par deux surfaces réfléchissantes taillées sur un même bloc de verre en forme de prisme. L'axe de rotation étant supposé à peu près parallèle à l'axe optique de la lunette, on peut, comme l'a expliqué M. Lœwy dans des Communications antérieures, employer cet appareil à la mesure précise des distances et, par suite, à l'étude de l'aberration et de la réfraction. La théorie n'exige en aucune façon que le prisme soit monté avec une exactitude rigoureuse. Son installation, aussi bien que les coordonnées du point visé par la lunette, pourraient être erronées dans une mesure assez large, sans que la précision des mesures en soit diminuée. Toutefois, au point de vue pratique, il est nécessaire d'apporter quelque soin dans le réglage de l'appareil. La nature des opérations exige, en effet, qu'elles soient conduites avec une certaine rapidité. On devra donc s'attacher à faire disparaître tous les défauts d'orientation qui pourraient devenir une cause de tâtonnements ou de temps perdu. Afin de s'affranchir de l'erreur due à un changement possible de l'angle du prisme ou des conditions météorologiques de la réfraction, on fait reposer les conclusions non sur la distance mesurée d'un couple d'étoiles, mais sur la différence des distances de deux couples associés. Dans l'étude de la réfraction, il y a intérêt à obtenir le plus grand nombre possible de pointés pendant l'intervalle assez court où l'une des étoiles est voisine de l'horizon. Si c'est l'aberration que l'on étudie, on doit associer deux couples qui arrivent ensemble à l'égalité de hauteur : l'observation tout entière doit être comprise dans l'intervalle d'une heure et demie environ. Dans tous les cas, il est donc avantageux de pouvoir en quelques secondes de temps amener dans le champ un couple d'étoiles donné. On y arrivera sans peine si l'appareil est convenablement réglé, ce qui peut se faire par des procédés astronomiques ou physiques, que nous allons indiquer successivement.

» On pourrait considérer la théorie du double miroir comme une application pure et simple de celle du miroir unique. Mais comme les deux miroirs ne sont pas destinés à être employés isolément, il est préférable, tout en conservant les coordonnées RR′ de l'axe de rotation, de définir la situation de l'appareil à l'aide de quatre constantes nouvelles, qui ne se rapportent en particulier à aucune des deux surfaces réfléchissantes. Nous appellerons *axe de figure du prisme* une droite également inclinée sur les deux faces réfléchissantes et située dans un même plan avec les normales à ces deux faces.

» Nous appellerons *plan des normales* un plan mené par l'axe de figure et perpendiculaire à la fois aux deux faces du prisme. Soient, comme précédemment, R le point où l'axe de rotation prolongé rencontre la sphère céleste; Ry un grand cercle perpendiculaire au plan déterminé par l'axe optique et le pôle de l'instrument, le sens positif sur Ry étant opposé à celui du mouvement diurne; Rx le grand cercle obtenu en faisant tourner Ry de 90° autour du point R dans le sens des aiguilles d'une montre; F le point où l'axe de figure prolongé rencontre la sphère céleste. On désignera par r et r' les coordonnées du point F relativement aux axes Rx, Ry qui viennent d'être définis. Ces coordonnées auront des valeurs indépendantes de la situation attribuée à la lunette, et relatives à une lecture déterminée du cercle de position qui mesure la rotation du prisme.

» Pour définir cette lecture, nous imaginerons que par l'axe de rotation on fasse passer un plan P perpendiculaire au plan qui contient l'axe optique et le pôle boréal de l'instrument. Par l'axe de rotation, nous ferons passer un second plan P′ tournant avec le prisme et constamment perpendiculaire au plan des normales. Il y aura deux positions, répondant à des lectures qui diffèrent de 180°, où le plan P′ se trouvera perpendiculaire au plan P. On effectuera un réglage préalable, de telle sorte que l'une de ces lectures ait une valeur π voisine de 0°. C'est cette position que l'on adoptera comme position initiale du prisme, et c'est à elle que seront relatives les coordonnées r, r' qui servent à définir la direction de l'axe de figure.

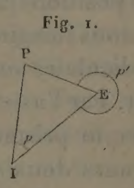
» Enfin nous désignerons par ε l'angle que fait chacune des deux surfaces réfléchissantes avec l'axe de figure. Les six quantités R, R′, r, r', ε, π, jointes à la lecture p du cercle de position, définissent d'une manière complète la situation du prisme par rapport à la lunette. Leur connaissance, jointe à celle des lectures du cercle et des constantes de la lunette, permettra de calculer les coordonnées d'un astre vu par réflexion au centre du champ avec l'une ou l'autre des deux surfaces. Les mêmes formules, appliquées à l'observation d'étoiles connues, dans des positions particu-

lières du prisme, permettront de déterminer les constantes R, R′, r, r', ε et π, ce qui est le but principal de la présente recherche.

» Pour évaluer les coordonnées vraies $\mathcal{A}_v$, $\mathcal{D}_v$ du point E vu par réflexion, on adoptera d'abord, pour les coordonnées du point I, visé directement par la lunette, les valeurs approchées $\mathcal{A}_i$, $\mathcal{D}_i$ qui résultent des lectures faites sur les cercles de l'instrument. On désignera par P le pôle boréal de l'instrument, et l'on résoudra le triangle PIE en admettant pour le côté IE la valeur 2ε et pour l'angle en I la lecture p faite sur le cercle de position du prisme. On trouvera ainsi des valeurs approchées $\mathcal{A}_i^v$, $\mathcal{D}_i^v$ pour les coordonnées du point E vu par réflexion. Ce procédé de calcul revient à considérer un instrument fictif dont l'installation serait parfaite. On amènera cet instrument théorique à coïncider avec l'instrument réel, en lui attribuant successivement tous les petits déplacements qui correspondent aux diverses constantes de la lunette et du prisme. Nous admettrons, comme dans notre étude sur la théorie des équatoriaux, que toutes les constantes ont des valeurs numériques assez faibles pour que l'on puisse prendre la correction totale égale à la somme de toutes les corrections partielles.

» Si l'on passe de la position directe de la lunette à la position inverse, on voit aisément que les constantes R, R′, r, r' changent de signes en gardant les mêmes valeurs absolues. Nous continuerons à appeler p' l'angle en E (*fig.* 1)

Fig. 1.



dans le triangle PIE, h_i, h_v les angles horaires des points I et E. Ces quantités, entrant en facteur dans les termes qui dépendent des constantes de la lunette, pourront être remplacées sans inconvénient par leurs valeurs provisoires, déduites des lectures des cercles ou de la résolution du triangle. Ces explications données, on aura les coordonnées d'un astre vu par réflexion en appliquant les formules qui suivent :

$$\begin{aligned}\mathcal{A}_v = \mathcal{A}_i^v + m + [\pm \mathrm{I}\sin(h_i - h_v) + n\cos h_v - \lambda\sin h_v \pm b\cos(h_i - h_v)]\operatorname{tang}\mathcal{D}_v \\ \pm c\cos\mathcal{D}_i[1 + \operatorname{tang}\mathcal{D}_v\operatorname{tang}\mathcal{D}_i\cos(h_i - h_v)] \\ \mp 2\Big[(\mathrm{R}\cos p + \mathrm{R}'\sin p + r)\sin p' \\ + (\mathrm{R}\sin p - \mathrm{R}'\cos p - r')\cos p'\sin^2\varepsilon \mp \frac{\pi}{2}\sin 2\varepsilon\cos p'\Big]\operatorname{séc}\mathcal{D}_v,\end{aligned}$$

$$\mathcal{D}_v = \mathcal{D}_i^v \pm \mathrm{I}\cos(h_i - h_v) + n\sin h_v + \lambda\cos h_v \pm b\sin(h_v - h_i) - c\sin\mathcal{D}_i\sin(h_i - h_v)$$
$$\mp 2\Big[(\mathrm{R}\cos p + \mathrm{R}'\sin p + r)\cos p'$$
$$- (\mathrm{R}\sin p - \mathrm{R}'\cos p - r')\sin p'\sin^2\varepsilon \pm \frac{\pi}{2}\sin 2\varepsilon\sin p'\Big].$$

» Dans ces formules, les signes supérieurs correspondent à la position directe, les signes inférieurs à la position inverse de la lunette. Si l'observation est faite avec la seconde surface, on devra calculer $\mathcal{A}_i^v$, $\mathcal{D}_i^v$, p' en changeant ε en $180° - \varepsilon$. Le même changement doit être fait dans le coefficient du terme en π. Nous ferons l'application des formules qui précèdent à deux cas particuliers qui évitent la résolution du triangle sphérique et sont, en même temps, comme nous l'avons déjà remarqué, les plus favorables pour la détermination exacte des constantes de l'appareil. Ce sont ceux où le plan des normales coïncide à peu près avec un cercle horaire ou avec l'équateur. Dans le premier cas, on devra faire : $\mathcal{A}_i^v = \mathcal{A}_i, \mathcal{D}_i^v = \mathcal{D}_i \pm 2\varepsilon$.

» Dans le second,

$$\mathcal{A}_i^v = \mathcal{A}_i \pm \operatorname{arc\,tang}(\operatorname{séc}\mathcal{D}_i \operatorname{tang} 2\varepsilon), \qquad \mathcal{D}_i^v = \arcsin(\cos 2\varepsilon \sin\mathcal{D}_i)$$

ou, si l'étoile visée est assez voisine de l'équateur,

$$\mathcal{A}_i^v = \mathcal{A}_i \pm 2\varepsilon\operatorname{séc}\mathcal{D}_i, \qquad \mathcal{D}_i^v = \mathcal{D}_i\cos 2\varepsilon.$$

» Ces deux cas peuvent eux-mêmes se subdiviser, suivant qu'on suppose la lunette dans la position directe ou inverse. Les observations faites dans un cercle horaire se partagent en deux groupes, suivant qu'on suppose le point visé directement plus austral ou plus boréal que l'étoile.

» Les observations faites dans l'équateur se divisent de même en deux groupes, suivant que l'on imagine que le point visé directement précède ou suit l'étoile en ascension droite. Pour plus de clarté, nous séparerons les équations relatives à la position directe et à la position inverse. Nous ferons correspondre les signes supérieurs et inférieurs, dans le cas du cercle horaire respectivement aux lectures 0° et 180°, dans le cas de l'équateur respectivement aux lectures 90° et 270° faites sur le cercle de position du prisme. On est ainsi conduit à former le Tableau suivant :

a. Cercle horaire; position directe, point visé plus austral que l'étoile :

(1) $$\begin{cases} \mathcal{A} = \mathcal{A}_i + m + (n\cos h - \lambda\sin h + b)\operatorname{tang}\mathcal{D}_v \\ \qquad + c\cos 2\varepsilon\operatorname{séc}\mathcal{D}_v - 2(\mathrm{R}' \pm r')\sin^2\varepsilon\operatorname{séc}\mathcal{D}_v - \pi\sin 2\varepsilon\operatorname{séc}\mathcal{D}_v, \end{cases}$$

(2) $$\mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v + \mathrm{I} + n\sin h + \lambda\cos h + 2(\mathrm{R} \pm r).$$

b. Cercle horaire; position directe, point visé plus boréal que l'étoile :

$$(3)\quad \left\{ \begin{aligned} \mathcal{A} &= \mathcal{A}_i + m + (n\cos h - \lambda \sin h + b)\,\mathrm{tang}\,\mathcal{D}_v \\ &\quad + c\cos 2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v - 2(\mathrm{R}' \pm r')\sin^2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v + \pi \sin 2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v, \end{aligned} \right.$$

$$(4)\quad \mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v + \mathrm{I} + n\sin h + \lambda\cos h + 2(\mathrm{R} \pm r).$$

c. Cercle horaire; position inverse, le point visé plus austral que l'étoile :

$$(5)\quad \left\{ \begin{aligned} \mathcal{A} &= \mathcal{A}_i + m + (n\cos h - \lambda \sin h - b)\,\mathrm{tang}\,\mathcal{D}_v - c\cos 2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v \\ &\quad + 2(\mathrm{R}' \pm r')\sin^2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v - \pi \sin 2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v, \end{aligned} \right.$$

$$(6)\quad \mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v - \mathrm{I} + n\sin h + \lambda\cos h - 2(\mathrm{R} \pm r).$$

d. Cercle horaire; position inverse, point visé plus boréal que l'étoile :

$$(7)\quad \left\{ \begin{aligned} \mathcal{A} &= \mathcal{A}_i + m + (n\cos h - \lambda \sin h - b)\,\mathrm{tang}\,\mathcal{D}_v - c\cos 2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v \\ &\quad + 2(\mathrm{R}' \pm r')\sin^2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v + \pi \sin 2\varepsilon\,\mathrm{séc}\,\mathcal{D}_v, \end{aligned} \right.$$

$$(8)\quad \mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v - \mathrm{I} + n\sin h + \lambda\cos h - 2(\mathrm{R} \pm r).$$

e. Équateur; position directe, le point visé précède l'étoile :

$$(9)\quad \mathcal{A} = \mathcal{A}_i^v + m + c + 2(\mathrm{R}' \pm r),$$

$$(10)\quad \mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v + \mathrm{I}\cos 2\varepsilon + n\sin h_v + \lambda\cos h_v + b\sin 2\varepsilon - 2(\mathrm{R} \mp r')\sin^2\varepsilon + \pi\sin 2\varepsilon.$$

f. Équateur; position directe, le point visé suit l'étoile :

$$(11)\quad \mathcal{A} = \mathcal{A}_i^v + m + c + 2(\mathrm{R}' \pm r),$$

$$(12)\quad \mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v + \mathrm{I}\cos 2\varepsilon + n\sin h_v + \lambda\cos h_v - b\sin 2\varepsilon - 2(\mathrm{R} \mp r')\sin^2\varepsilon - \pi\sin 2\varepsilon.$$

g. Équateur; position inverse, le point visé précède l'étoile :

$$(13)\quad \mathcal{A} = \mathcal{A}_i^v + m - c - 2(\mathrm{R}' \pm r),$$

$$(14)\quad \mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v - \mathrm{I}\cos 2\varepsilon + n\sin h_v - \lambda\cos h_v - b\sin 2\varepsilon + 2(\mathrm{R} \mp r')\sin^2\varepsilon + \pi\sin 2\varepsilon.$$

h. Équateur; position inverse, le point visé suit l'étoile :

$$(15)\quad \mathcal{A} = \mathcal{A}_i^v + m - c - 2(\mathrm{R}' \pm r),$$

$$(16)\quad \mathcal{D} = \mathcal{D}_i^v - \mathrm{I}\cos 2\varepsilon + n\sin h + \lambda\cos h + b\sin 2\varepsilon + 2(\mathrm{R} \mp r')\sin^2\varepsilon - \pi\sin 2\varepsilon.$$

» Ces formules suggèrent immédiatement la marche la mieux appropriée à la détermination des constantes du prisme. On dispose pour chacune d'elles de plusieurs méthodes susceptibles de se contrôler mutuellement. Nous signalerons seulement les plus avantageuses. L'indice supérieur ajouté à une coordonnée instrumentale indiquera quelle est dans le Tableau précédent l'équation dont on fait usage, et par suite dans

quelles conditions on doit se mettre pour observer. L'indice inférieur désignera la lecture faite sur le cercle de position du prisme.

» 1° *Angle du prisme.* — On déduira des observations faites dans le cercle horaire sur une même étoile $\varepsilon = \frac{\mathcal{D}_0^4 - \mathcal{D}_0^2}{4}$.

» On évitera toute correction, de réfraction, en choisissant une étoile voisine du zénith. L'angle du prisme s'obtiendra avec une précision encore plus grande par la mesure de la distance d'un couple d'étoiles bien connues. Nous reviendrons ultérieurement sur les conditions où l'on doit se placer pour effectuer cette mesure.

» 2° *Erreur d'index.* — Les observations faites dans le cercle horaire donneront $\pi = \frac{\mathcal{A}_0^1 - \mathcal{A}_0^3}{2 \sin 2\varepsilon \,\text{séc}\, \mathcal{D}_v}$. Le changement produit par la réfraction dans l'intervalle des deux opérations sera insensible si l'on prend l'étoile près du méridien.

» 3° *Détermination des coordonnées de l'axe de figure par rapport à l'axe de rotation.* — D'une simple rotation de 180°, attribuée au prisme, sans déplacement de la lunette, on déduira $r = \frac{\mathcal{D}_{180}^2 - \mathcal{D}_0^2}{4}$, $r' = \frac{\mathcal{A}_0^1 - \mathcal{A}_{180}^1}{4 \sin^2\varepsilon \,\text{séc}\, \mathcal{D}_v}$. On voit avec quelle facilité on détermine l'écart des deux axes, sans faire intervenir en aucune façon les lectures des cercles de l'instrument, non plus que les coordonnées absolues des étoiles.

4° *Coordonnées de l'axe de rotation par rapport à l'axe optique.* — La combinaison des mesures faites dans un cercle horaire pour deux lectures opposées du prisme et dans les positions directe et inverse de la lunette donne $R = \frac{1}{8}[\mathcal{D}_0^6 + \mathcal{D}_{180}^6 - \mathcal{D}_0^2 - \mathcal{D}_{180}^2] - \frac{I}{2}$. Cette formule montre qu'il sera indispensable, pour obtenir R, de connaître l'erreur d'index en déclinaison et, par suite, de pouvoir compter sur les lectures absolues du cercle. La méthode la plus avantageuse pour obtenir R′ repose sur l'emploi des observations faites dans l'équateur. On trouve ainsi

$$R' = \frac{1}{8}[\mathcal{A}_{90}^{14} + \mathcal{A}_{270}^{13} - \mathcal{A}_{90}^{9} - \mathcal{A}_{270}^{9}] - \frac{c}{2}.$$

» La connaissance de R′ est, comme on le voit, subordonnée à celle de la collimation de la lunette. La même circonstance se présente si l'on veut se servir des observations faites dans le cercle horaire.

» On voit que la détermination des éléments R et R′ est plus laborieuse et moins sûre que celle des quatre autres constantes qui fixent la situation du double miroir. Mais nous verrons, en étudiant l'application de l'appareil à la mesure des distances, que les constantes R et R′ peuvent sans incon-

vénient acquérir une valeur sensible et qu'il n'est même pas nécessaire de les connaître exactement. Le seul point essentiel est d'obtenir une coïncidence à peu près parfaite entre l'axe de rotation et l'axe de figure. Il suffira, pour connaître si cette condition est remplie, d'effectuer les opérations destinées à déterminer r et r', c'est-à-dire de simples retournements du prisme. On arrivera en très peu de temps à rectifier l'appareil, si les observations astronomiques accusent l'imperfection du premier réglage.

» C'est ainsi que nous avons procédé à l'époque du premier établissement du prisme. Mais nous avons reconnu depuis qu'en suivant la méthode physique qui va être indiquée il est possible d'arriver du premier coup à une installation définitive, c'est-à-dire à rendre parallèles l'axe optique de la lunette, l'axe de rotation et l'axe de figure du double miroir. Les observations astronomiques ne doivent être employées que comme moyen de contrôle. La monture du double miroir étant en place et munie de son cercle de position, on introduit à la place du prisme un collimateur dont l'axe est établi aussi exactement que possible parallèlement à l'axe optique de la lunette. Ce collimateur porte une croisée de fils éclairée de manière à donner une image dans le champ.

» Quand on fait tourner la monture, la croisée des fils paraît décrire dans le champ un cercle dont le centre est l'image d'un rayon entré dans la lunette parallèlement à l'axe de rotation du prisme. Si ce centre ne coïncide pas avec le centre du champ, on fera en sorte de l'y ramener, en agissant sur des vis rectificatives adaptées à la monture du prisme. Quand ce résultat est obtenu, on peut affirmer que l'axe de rotation du prisme est parallèle à l'axe optique de la lunette.

» On introduit ensuite le double miroir dans sa monture, après avoir enlevé le collimateur, que l'on fixe sur le tube de la lunette et, par conséquent, d'une manière indépendante de la monture du prisme. On dirige l'axe du collimateur de manière à lui faire faire un angle égal à 2ε avec l'axe optique. Quand on fera tourner le prisme, il y aura deux positions pour lesquelles l'axe de rotation, l'axe optique et la normale au miroir deviendront parallèles à un même plan. L'une des deux surfaces fera alors un angle égal à ε, soit avec l'axe du collimateur, soit avec l'axe optique de la lunette, et la croisée des fils apparaîtra dans le champ.

» Faisons maintenant tourner le prisme de 180°. Si l'axe de figure est parallèle à l'axe de rotation, la seconde surface se substituera exactement à la première, et l'image de la croisée des fils viendra se reformer au même point. Si le parallélisme des axes est imparfait, l'image aura éprouvé un déplacement, susceptible d'être décomposé en deux autres, l'un parallèle,

l'autre perpendiculaire au plan de réflexion. On fera disparaître ces deux écarts à l'aide de petites cales en papier introduites entre le prisme et son barillet, ou mieux au moyen de vis permettant de déplacer le barillet portant le prisme par rapport à sa monture. Les observations ont prouvé que le réglage effectué suivant ce procédé, par M. Gautier, était très satisfaisant au point de vue pratique. L'appareil ainsi rectifié peut être employé aux mesures de distances, sans qu'il soit nécessaire de procéder à la détermination astronomique des constantes. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la loi électrodynamique de Weber.* Note de M. **H. Poincaré.**

« A la fin de son immortel Ouvrage (2e édition, t. II, Chap. XXIII, art. 858), Maxwell étudie la loi électrodynamique de Weber et cherche à en tirer les lois connues de l'induction. Son analyse contient une suite de graves erreurs qu'il importe de rectifier, bien que le résultat final soit exact *en ce qui concerne les courants fermés.*

» Le résultat est, au contraire, inexact en ce qui concerne les courants non fermés, et l'on me permettra de terminer par quelques réflexions au sujet de l'application de la loi de Weber à ce cas à peu près inaccessible à l'expérience.

» Maxwell calcule la dérivée seconde $\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}$ qui entre dans la formule de Weber, et il arrive au résultat suivant qui est l'équation qu'il appelle (27) :

$$(27)\quad \left\{\begin{aligned}\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} &= v^2\frac{d^2 r}{ds^2} + 2vv'\frac{d^2 r}{ds\,ds'} + v'^2\frac{d^2 r}{ds'^2}\\ &\quad + \frac{dv}{dt}\frac{dr}{ds} + \frac{dv'}{dt}\frac{dr}{ds'} + v\frac{dv}{ds}\frac{dr}{ds} + v'\frac{dv'}{ds'}\frac{dr}{ds'} + \frac{d^2 r}{dt^2}.\end{aligned}\right.$$

» Cette équation est inexacte; il faudrait, pour la rectifier, ajouter au second membre les deux termes suivants :

$$2v\frac{d^2 r}{ds\,dt} + 2v'\frac{d^2 r}{ds'\,dt}.$$

» Lorsqu'on tient compte des actions des deux électricités de nom contraire, tous les termes se détruisent, sauf ceux en v et en $\frac{dv}{dt}$; les seuls termes

de $\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}$ dont nous ayons à tenir compte sont les deux suivants :

$$\frac{dv}{dt}\frac{dr}{ds} + 2v\frac{d^2 r}{ds\,dt}.$$

» Maxwell ne tient compte que du premier de ces deux termes. Il trouve alors pour l'expression de la force électromotrice due à l'induction de l'élément ds sur l'élément ds'

$$(30)\qquad \frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{d}{dt}\left(\frac{i}{r}\right)ds\,ds';$$

il devrait trouver

$$\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{d}{dt}\left(\frac{i}{r}\right)ds\,ds' + 2\frac{i}{r}\frac{d^2 r}{ds\,dt}\frac{dr}{ds'}ds\,ds'.$$

» Il commet ensuite une seconde erreur qui, dans le cas des courants fermés, a pour effet de compenser la première.

» Intégrant, dit-il, cette expression par rapport à s et à s', on obtient pour la force électromotrice dans le second circuit

$$(31)\qquad \int\!\!\int \frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{d}{dt}\left(\frac{i}{r}\right)ds\,ds' = \frac{d}{dt}i\int\!\!\int\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{1}{r}ds\,ds' = -\frac{d(\mathrm{M}i)}{dt}.$$

» Cette égalité ne serait juste que si $\frac{dr}{ds}$ et $\frac{dr}{ds'}$ étaient indépendants du temps, ce qui n'a pas lieu.

» Maxwell aurait dû trouver pour la force électromotrice totale

$$\int\!\!\int\left[\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{d}{dt}\left(\frac{i}{r}\right) + \frac{2i}{r}\frac{d^2 r}{ds\,dt}\frac{dr}{ds'}\right]ds\,ds' = -\frac{d(\mathrm{M}i)}{dt} + \mathrm{J}i,$$

en posant, pour abréger,

$$\mathrm{J} = \int\!\!\int\left(\frac{1}{r}\frac{d^2 r}{ds\,dt}\frac{dr}{ds'} - \frac{1}{r}\frac{d^2 r}{ds'\,dt}\frac{dr}{ds}\right)ds\,ds'.$$

» Dans le cas des courants fermés, l'intégration par parties donne

$$\int\!\!\int\frac{1}{r}\frac{d^2 r}{ds\,dt}\frac{dr}{ds'}ds\,ds' = -\int\!\!\int\log r\,\frac{d^3 r}{dt\,ds\,ds'}ds\,ds'$$

et de même

$$\int\!\!\int\frac{1}{r}\frac{d^2 r}{ds'\,dt}\frac{dr}{ds}ds\,ds' = -\int\!\!\int\log r\,\frac{d^3 r}{dt\,ds\,ds'}ds\,ds'.$$

» On a donc $J = 0$, et la force électromotrice est bien égale, comme l'indique Maxwell, à $-\frac{d(Mi)}{dt}$.

» Voyons ce qui se passe dans le cas des courants non fermés. Posons encore

$$M = -\int\int \frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{1}{r}\,ds\,ds';$$

le travail de l'action électrodynamique mutuelle des deux circuits est égal à $ii'\,dM$, c'est-à-dire à l'accroissement du *potentiel* électrodynamique Mii', accroissement calculé comme si les intensités étaient constantes.

» On peut s'étonner de voir que le travail de l'attraction électrodynamique de deux courants *non fermés* soit égal à l'accroissement d'un certain potentiel. On sait, en effet, qu'il n'en est pas ainsi avec la loi d'Ampère, et la loi de Weber conduit précisément, pour l'attraction de deux éléments de courants, à la formule même d'Ampère.

» La contradiction n'est qu'apparente : la loi de Weber ne conduit à la formule d'Ampère qu'à la condition de supposer uniformes les vitesses de l'électricité à travers les conducteurs. Dans un courant non fermé, il ne peut pas en être ainsi. Considérons, en effet, une molécule électrique parcourant un fil non fermé AMB; elle part du point A où elle est au repos, acquiert une certaine vitesse et arrive à l'autre extrémité B, où elle s'arrête, sa vitesse ayant décru jusqu'à zéro. Dans le voisinage des points A et B, cette molécule possède donc une accélération dont il faut tenir compte, puisque cette accélération entre dans la formule de Weber. Il résulte de là que les éléments du courant voisins des extrémités A et B n'obéiront pas à la loi d'Ampère. C'est ce qui explique pourquoi, dans la théorie de Weber, il ne suffit pas, pour obtenir l'action de courants non fermés, de composer entre elles les actions élémentaires calculées par la formule d'Ampère.

» Revenons à l'induction; d'après les idées habituellement reçues, la force électromotrice d'induction du premier circuit sur le second devrait être égale à $-\frac{d(Mi)}{dt}$. C'est à cette valeur que le calcul erroné dont j'ai parlé plus haut conduit Maxwell, et cette valeur est d'ailleurs conforme au principe de la conservation de l'énergie.

» Mais, en rectifiant ce calcul comme je l'ai fait plus haut, on trouve une valeur différente qui est

$$-\frac{d(Mi)}{dt} + Ji.$$

» *Dans le cas des courants non fermés, le terme correctif* J *n'est pas nul.*

» Et cependant, Maxwell dit quelques lignes plus haut (art. 856) :

» Weber's law is also consistent with the principle of conservation of energy in so far that a potential exists, and this is all that is required for the application of the principle by Helmholtz and Thomson. Hence we may assert, even before making any calculations on the subject, that Weber's law will explain the induction of electric currents.

» Ainsi, avant tout calcul, Maxwell se croyait certain de trouver la valeur $-\frac{d(\mathrm{M}i)}{dt}$.

» Que devons-nous donc conclure? *Il est inexact que le principe de la conservation de l'énergie suffise pour faire prévoir les lois de l'induction.* C'est d'ailleurs ce que savent déjà ceux qui ont lu les critiques profondes et spirituelles de M. Bertrand, dans sa *Théorie mathématique de l'Électricité :*

» On peut, dit M. Bertrand, page 212, remarquer avec grande raison que les deux courants qui s'attirent deviennent solidaires; il est impossible de considérer l'un d'eux comme formant un système isolé.

» J'ajouterai que, si on le faisait, on serait conduit à des contradictions comme celle que M. Bertrand signale au commencement de la page 217.

» Cherchons donc à tenir compte de toutes les circonstances du problème, en *admettant*, bien entendu, bien des choses, comme, par exemple, les lois de Joule, de Ohm et de Faraday.

» *Admettons* que l'induction du premier circuit sur le second comprend deux termes, l'un proportionnel à i et dépendant du déplacement relatif des deux circuits, l'autre proportionnel à $\frac{di}{dt}$ et dépendant de la variation de l'intensité.

» La force électromotrice due à l'induction du premier circuit sur le second pourra alors s'écrire

$$-\mathrm{B}\frac{di}{dt}-\mathrm{C}i.$$

» La force électromotrice due à l'induction du second circuit sur le premier s'écrira

$$-\mathrm{B}'\frac{di'}{dt}-\mathrm{C}'i'.$$

» Voici alors ce qu'on peut tirer du principe de la conservation de

l'énergie

$$(a)\qquad B = B',\qquad C + C' = \frac{dM}{dt} + \frac{dB}{dt}.$$

» Il est *naturel d'admettre* que, si un courant égal à i se déplace pour aller d'une position H dans une position voisine H', la force électromotrice due à ce déplacement sera égale à celle que produiraient la disparition d'un courant égal à i en H et la naissance d'un courant égal à i en H', disparition et naissance qui seraient dues non à des déplacements de circuits, mais à des variations d'intensité.

» Si l'on adopte cette hypothèse, *qui ne s'impose pas d'une manière absolue*, on aura

$$(b)\qquad C = \frac{dB}{dt},\qquad C' = \frac{dB'}{dt},$$

et il viendra

$$(c)\qquad B = B' = M,\qquad C = C' = \frac{dM}{dt}.$$

» C'est ce que l'on suppose d'ordinaire; c'est ce qui arrive certainement pour les courants fermés; c'est le résultat auquel conduit le calcul erroné de Maxwell pour les courants non fermés.

» Mais si l'on rectifie ce calcul, on trouve

$$(d)\qquad B = B' = M,\qquad C = \frac{dM}{dt} - J,\qquad C' = \frac{dM}{dt} + J.$$

» Ces valeurs sont conformes, comme les valeurs (c), aux équations (a) déduites du principe de la conservation de l'énergie; mais on voit que, si l'on adopte la théorie de Weber, il faut renoncer, pour les courants non fermés, aux hypothèses exprimées par les équations (b), quelque naturelles qu'elles puissent paraître.

» Si l'on renonce à ces hypothèses, le principe de la conservation de l'énergie devient insuffisant pour déterminer les coefficients d'induction.

» Je suis heureux d'avoir appuyé d'un argument nouveau les judicieuses critiques de M. Bertrand. »

THERMOCHIMIE. — *Sur la chaleur de formation et sur les réactions de l'hydroxylamine ou oxyammoniaque;* par MM. **Berthelot** et **André**.

« L'hydroxylamine ou oxyammoniaque a pris une grande importance en Chimie organique, à cause de la multitude de dérivés intéressants auxquels elle donne naissance. Mais pour mesurer le travail chimique accompli dans la formation de ces dérivés, il est essentiel de connaître d'abord la chaleur de formation de l'hydroxylamine à partir de ses éléments. Or cette quantité n'a été mesurée jusqu'ici que par des procédés qui laissent quelque chose à désirer. L'un de nous l'a déterminée en 1877 (1), en décomposant l'hydroxylamine par la potasse, ce qui la transforme en azote et ammoniaque. Depuis, M. Thomsen a préféré opérer avec l'azotate de cette base, mêlé d'azotate d'argent et mis en présence d'un excès d'ammoniaque, ce qui produit de l'azote, du protoxyde d'azote et de l'argent métallique. Ces réactions sont compliquées, le calcul est subordonné à l'exactitude de données multiples, et la nécessité de tenir compte de la solubilité des gaz, spécialement de celle du protoxyde d'azote, laisse toujours une certaine incertitude.

» Nous avons pensé qu'il était préférable d'opérer par une voie plus simple et plus directe, en décomposant l'azotate d'hydroxylamine cristallisé en ses éléments par l'action de la chaleur.

» *Azotate*. — Ce sel a été préparé, sur notre demande, par Kahlbaum. Il n'avait pas été isolé jusqu'à présent, à notre connaissance, dans l'état solide.

» C'est un beau corps cristallisé, fusible vers 48° et susceptible de surfusion, très soluble dans l'eau et très hygrométrique.

» Son analyse a donné, pour 100 parties,

Az.................... 28,91 La théorie indique......... 29,16

Nous avons déterminé d'abord la chaleur absorbée lorsqu'on le dissout dans 50 fois environ son poids d'eau.

» Deux essais ont fourni, à 11°,3, pour 1 molécule,

$AzO^6H, AzH^3O^2 = 96^{gr}$... $-5^{Cal},90$ et $-5^{Cal},97$ Moy... $-5^{Cal},93$

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. X, p. 433.

Cette dissolution, décomposée par la soude en proportion équivalente, à 11°,3 et 11°,5, a fourni $+ 5^{\mathrm{Cal}},01$ et $+ 5^{\mathrm{Cal}},08$.

» D'où l'on déduit, par la chaleur de neutralisation, à 11°,4 :

AzH^3O^2 étendue + AzO^6H étendu .... $+ 9^{\mathrm{Cal}},2$

Nous avons ensuite décomposé l'azotate d'hydroxylamine, placé entre deux petites pastilles de naphtaline, dans la bombe calorimétrique suivant notre méthode ordinaire. Le poids de naphtaline doit être voisin au moins de la moitié de celui du sel, si l'on veut obtenir une décomposition complète. On a soin de placer à l'avance, dans l'intérieur de la bombe, 10^{gr} d'eau; afin d'absorber l'acide azotique qui prend naissance en quantité notable dans cette décomposition : cet acide est dosé ensuite avec soin. Il ne contient que des quantités sensiblement nulles d'acide azoteux, d'après dosages.

» Cela fait, on retranche de la chaleur dégagée celle qui répond à la combustion du poids de naphtaline employée et à la formation de l'acide azotique dosé. On a obtenu ainsi les nombres suivants, pour la résolution de l'azotate d'hydroxylamine en azote, oxygène et eau,

$$AzO^6H, AzH^3O^2 = Az + 2H^2O^2\,(\text{liquide}) + O^4.$$

» Pour 1 gramme du sel :

I.	560^{cal}
II.	537
III.	525
IV	520
Moyenne.....	535,5

» Soit pour 96^{gr} du sel :

$+ 51^{\mathrm{Cal}},41$ à volume constant,
$+ 50^{\mathrm{Cal}},29$ à pression constante.

» Soit maintenant, d'après les mesures antérieures de M. Berthelot et celles du présent travail :

$Az + O^6 + H = AzO^6H$ étendu	$+ 48^{\mathrm{Cal}},8$
$Az + H^3 + O^2 = AzH^3O^2$ étendue	x
Union de l'acide et de la base	$+ 9,2$
Séparation du sel solide..................	$+ 5,9$
Décomposition..........................	$+ 50,3$
Somme.....	$+ 114,2 + x$

» D'autre part, on a le même état final en unissant l'hydrogène et l'oxygène :

$$2(H^2 + O^2) = 2H^2O^2 \text{ liquide} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +138^{Cal},0$$

» La différence, soit $x = +23^{Cal},8$, représente la formation de l'hydroxylamine en solution étendue :

$$Az + H^3 + O^2 + \text{eau} = AzH^3O^2 \text{ étendue} \ldots\ldots \quad +23^{Cal},8$$

» Voici quelques-uns des rapprochements auxquels donne lieu cette détermination, d'après les données empruntées aux expériences de M. Berthelot :

» Formation depuis les éléments, comparée avec celles de l'ammoniaque et de ses sels :

	Cal		Cal
Oxyammon. diss. : $Az + H^3 + O^2$	+ 23,8	Ammoniaque dissoute...........	+ 21,0
Azotate : $Az + H^3 + O^2 + AzO^6H$ étendu = sel dissous..	+ 33,0	$Az^2 + H^3 + AzO^6H$ étendu = sel dissous.....................	+ 33,4
» $Az^2 + H^4 + O^8$ = sel diss..	+ 81,8	$Az^2 + H^4 + O^6$ = sel dissous.....	+ 82,2
» » sel solide	+ 87,7	» sel solide......	+ 88,4
Chlorhydrate : $Az + H^3 + O^2 + HCl$ étendu = sel dissous........	+ 33,0	$Az + H^3 + HCl$ étendu = sel dissous........................	+ 33,4
» $Az + H^4 + O^2 + Cl$ sel dissous.....	+ 72,3	$Az + H^4 + Cl$ = sel dissous......	+ 72,7
» sel solide......	+ 75,9	» sel solide.......	+ 76,6
Sulfate : $Az + H^3 + O^2 + SO^4H$ étendu = sel dissous..	+ 34,6	$Az + H^3 + SO^4H$ étendu = sel dissous.....................	+ 35,5
» $Az + H^4 + S + O^6$ = sel dissous.............	+139,6	$Az + H^4 + S + O^4$ = sel dissous..	+140,5
» » sel solide (1)	+140,1	» sel solide...	+141,7

» Ces nombres donnent lieu à une remarque fort importante, à savoir que l'ammoniaque et l'oxyammoniaque, ainsi que leurs sels, sont formées depuis les éléments avec des dégagements de chaleur extrêmement voisins, aussi bien dans l'état dissous que dans l'état solide. La formation de l'ammoniaque libre dégage un peu moins de chaleur (soit $2^{Cal},8$) que l'oxyammoniaque, dans l'état dissous; mais cet écart est comblé et même un

(1) Le nombre $-2^{Cal},9$ que j'ai donné ailleurs pour la chaleur de dissolution du sulfate se rapporte au sel renfermant 1 équivalent d'eau de cristallisation et correspondant au sulfate SO^4AzH^4, HO.

peu au delà pour les sels, parce que l'ammoniaque est une base plus forte et dégage plus de chaleur, environ $+3^{Cal},2$, dans l'état dissous, en s'unissant aux divers acides. Dans l'état solide, les chaleurs de dissolution des sels correspondants étant fort voisines, le rapprochement entre les chaleurs de formation depuis les éléments subsiste.

» Il résulte de cette remarque que la chaleur dégagée par la transformation de l'ammoniaque en hydroxylamine, tant à l'état libre qu'à l'état dissous, ne répondrait nullement à une oxydation proprement dite, car

						Cal
AzH^3	dissous	$+O^2=AzH^3O^2$	dissous	dégagerait seulement		$+2,8$
AzH^3, HCl	dissous	$+O^2=AzH^3O^2, HCl$	dissous	»		$-0,4$
	solide		solide			$-0,7$
AzH^3, AzO^6H	dissous	$+O^2=AzH^3O^2, AzO^6H$	dissous	»		$-0,4$
	solide		solide			$-0,7$
AzH^3, SO^4H	dissous	$+O^2=AzH^3O^2, SO^4H$	dissous	»		$-0,9$
	solide		solide			$-1,6$

» Ces chiffres si faibles ne répondent pas davantage à ceux observés dans la formation d'un aldéhyde organique au moyen d'un carbure d'hydrogène, telle que celle de l'aldéhyde ordinaire par l'éthylène ($+66^{Cal}$), ou du camphre au moyen du camphène ($+78^{Cal}$); non plus qu'à celle d'un alcool, équivalente à la substitution des éléments de l'eau (H^2O^2) à l'hydrogène H^2, dans un carbure, laquelle dégage environ $+36^{Cal}$, toutes quantités de chaleur considérables. La fixation de l'oxygène sur l'eau, pour produire de l'eau oxygénée, H^2O^4, ne s'en écarte pas moins, car elle absorbe, au contraire, $-21^{Cal},6$: d'où il résulte que la fixation de l'eau oxygénée sur l'ammoniaque

$$AzH^3 \text{ dissoute} + H^2O^4 = AzH^3O^2 \text{ dissoute} + H^2O^2 \text{ dégagerait} \ldots\ldots + 24^{Cal},4.$$

» On voit par ces rapprochements que la transformation de l'ammoniaque en oxyammoniaque et, par suite, la fonction chimique de celle-ci offrent un caractère tout à fait spécial.

» Si nous rapportons la formation de l'oxyammoniaque au bioxyde d'azote, nous aurons

$$AzO^2 + H^3 = AzH^3O^2 \text{ étendue dégage} \ldots\ldots + 45^{Cal},4$$

» La réduction d'un corps nitré ou d'un éther nitrique, changé en oxyammoniaque par l'hydrogène ou par une action hydrogénante, dégage nécessairement bien moins de chaleur que la réduction parallèle qui le

transformerait en ammoniaque; soit à peu près en moins la chaleur de formation d'une molécule d'eau, H^2O^2 : 69^{Cal}. Cette circonstance explique pourquoi la formation de l'hydroxylamine exige le concours de conditions extrêmement ménagées, afin de ne pas dépasser le but.

» Voici maintenant la chaleur dégagée dans les principales transformations de l'hydroxylamine :

» *Décomposition par la potasse concentrée :*

$$AzH^3O^2 \text{ dissoute} = \tfrac{2}{3}Az + \tfrac{1}{3}AzH^3 \text{ dissoute} + H^2O^2 \ldots\ldots\ldots \quad +52^{Cal},2$$

» J'avais donné précédemment un nombre un peu plus fort, $+57,0$; mais ce nombre avait été déduit, comme il a été indiqué, des données d'une réaction qui n'était pas totale et où il se formait un peu de protoxyde d'azote. En tenant compte de ces circonstances, les résultats sont approchés.

» *Décomposition par l'ammoniaque concentrée* (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. X, p. 441) :

$$AzH^3O^2 = \tfrac{1}{2}AzO + \tfrac{1}{2}AzH^3 + 1\tfrac{1}{2}HO. \quad +43^{Cal},6 (AzO \text{ gazeux}); +45^{Cal},0 (AzO \text{ dissous}).$$

» Cette décomposition est lente et se produit à froid. Elle dégage moins de chaleur que la précédente; ce qui explique pourquoi celle-ci a lieu de préférence, dès que la température s'élève, ou que les réactions concomitantes sont plus énergiques.

» La résolution simple en azote, hydrogène et eau,

$$AzH^3O^2 = Az + H + H^2O^2$$

dégagerait à peu près la même quantité de chaleur ($+45^{Cal},2$). Un tel résultat explique l'action réductrice si énergique de l'oxyammoniaque, un excès d'énergie de $45^{Cal},2$ sur l'action de l'hydrogène libre étant mis en jeu dans cette circonstance. Ceci rentre donc dans l'explication générale de l'état naissant, exposée par M. Berthelot en 1865.

» *Décomposition de l'azotate d'oxyammoniaque par la chaleur.* — Cette décomposition dégage, d'après les expériences ci-dessus :

$$AzO^6AzH^4 \text{ solide} = Az^2 + 2H^2O^2 + O^4 (\text{eau liq.}) \ldots +50^{Cal},3; \ (\text{eau gazeuse}) +30^{Cal},9.$$

» Elle peut dès lors revêtir le caractère d'une décomposition explosive; précisément comme la décomposition de l'azotate d'ammoniaque

$$AzO^6AzH^4 \text{ solide} = Az^2 + 2H^2O^2 + O^2 (\text{eau liquide}); \ +50^{Cal},1 \ (\text{eau gazeuse}) : +30^{Cal},7.$$

» Les quantités de chaleur sont sensiblement les mêmes avec les deux bases. Ajoutons que la décomposition de l'azotate d'oxyammoniaque, de même que celle de l'azotate d'ammoniaque et de la plupart des matières explosives, s'effectue suivant des modes multiples, variables avec les circonstances et parfois simultanées, en donnant naissance aux divers oxydes de l'azote [1]. Signalons seulement les suivantes :

Formation du protoxyde d'azote : $Az^2O^2 + 2H^2O^2$ (liquide) $+ O^2$. $+ 29^{Cal},7$; eau gaz. : $+ 10^{Cal},3$
Formation du bioxyde d'azote : $AzO^2 + 2H^2O^2$ eau liquide ..... $+ 8^{Cal},1$; eau gaz. : $- 11^{Cal},3$

» Cette dernière réaction est endothermique, c'est-à-dire conforme au caractère général des décompositions chimiques. Elle paraît avoir lieu sur une portion de matière, lorsqu'on décompose l'azotate à une basse température. Du moins, en réduisant dans nos expériences au chiffre le plus bas la dose de naphtaline destinée à provoquer la décomposition par sa combustion, par exemple, en en employant seulement 7 pour 100 du poids de l'azotate, on en a obtenu en acide azotique étendu (résultant de la transformation ultérieure du bioxyde par l'oxygène excédant et l'eau mise en présence) près des deux tiers de la quantité répondant à une métamorphose intégrale.

» Cette réaction consécutive, due à l'oxygène extérieur, doit être distinguée de celle qui transformerait directement l'azotate d'hydroxylamine en acide azotique et azote libre, laquelle ne peut avoir lieu à haute température :

$5(AzO^6H, AzH^3O^2) = 4AzO^6H + 8H^2O^2 + 6Az$. $+ 61^{Cal},25 \times 5$ (eau liq., ac. étendu).

» *Action de l'oxygène.* — Voici les chiffres qui répondent à la métamorphose de l'oxyammoniaque dans l'azote et dans ses divers oxydes, chiffres utiles pour calculer les réactions simples ou complexes de ce composé :

		Cal	Pour O.
AzH^3O^2 étendue $+ O = 3HO$ liq.	$+ Az$	$+ 79,7$	$+ 79,7$
» $+ O^2 = 3HO$	$+ AzO$ gaz	$+ 69,4$	$34,7$
Acide hypoazoteux étendu $= \frac{1}{2} Az^2O^2$	....	$+ 51,0$	$25,5$
AzH^3O^2 étendue $+ O^3 = 3HO$	$+ AzO^2$	$+ 58,1$	$19,4$
» $+ O^4 = 3HO$	$+ AzO^3$ étendu...	$+ 75,5$	$18,9$
» $+ O^5 = 3HO$	$+ AzO^4$ gaz......	$+ 77,1$	$15,4$
» $+ O^6 = 3HO$	$+ AzO^5$ étendu...	$+ 95,0$	$15,8$

[1] *Annuaire des Longitudes* pour 1888, p. 653.

» Ces chiffres sont applicables aux oxydes métalliques, en en retranchant la chaleur propre de formation de ces oxydes au moyen d'un équivalent d'oxygène. Il existe d'ailleurs des oxydes métalliques, tels que l'oxyde d'argent, qui fournissent à la fois, par leur réaction sur l'hydroxylamine, deux dérivés azotés : l'azote et son protoxyde, sans que le mécanisme d'une semblable formation complexe soit éclairci. Enfin l'action de l'hydrogène formant de l'ammoniaque et de l'eau

$$\mathrm{AzH^3O^2}\ \text{étendue} + \mathrm{H^2} = \mathrm{AzH^3}\ \text{étendue} + \mathrm{H^2O^2}$$

dégage presque la même quantité de chaleur qu'avec l'oxygène libre, soit

$$69 - 2,8 = +66^{\text{Cal}},2.$$

» Nous avons cru devoir développer les données précédentes, parce qu'elles caractérisent la mécanique chimique de l'hydroxylamine, dont les réactions fécondes et variées ont fait l'objet d'une multitude de travaux depuis quelques années. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur la nutrition dans l'hystérie.* Note de M. **Bouchard**.

« Dans une Note présentée dans la dernière séance et insérée aux *Comptes rendus*, MM. Gilles de la Tourette et M. Cathelineau attribuent à M. Empereur cette opinion que la nutrition est ralentie dans l'hystérie et que, dès lors, les hystériques peuvent ne pas manger ou vomir tous leurs aliments sans perdre sensiblement de leur poids. C'est précisément une explication que j'avais déjà démontrée, que j'avais, en tout cas, enseignée et publiée en juillet 1873 (*Progrès médical*). Mais mon explication visait seulement les vomissements hystériques. On trouve la même restriction dans le travail de M. Empereur qui, comme il le déclare, n'a fait que développer une idée puisée dans mon enseignement. Je dois dire que M. Empereur a apporté à cette démonstration l'appui d'observations cliniques multiples et de très nombreuses analyses soit de l'urine, soit de l'air expiré. En effet M. Empereur, dans son *Essai sur la nutrition dans l'hystérie*, 1876, a soin d'indiquer que nous n'attribuons pas ce ralentissement de la nutrition à l'hystérie en général; citant mes paroles, il s'exprime ainsi p. 80 : « *Certaines* hystériques ont donc les mouvements de la nutrition ralentis,

» sinon suspendus; elles ne dépensent rien; elles n'ont par conséquent, pas » besoin d'acquérir; et si elles vomissent, c'est parce qu'elles mangent. »

» M. Empereur a fait mieux : il a démontré que chez d'autres hystériques l'élimination de l'urée et de l'acide carbonique est normale (p. 153). On trouverait même dans le travail de M. Empereur (p. 48 et 156) l'indication d'un fait que MM. Gilles de la Tourette et Cathelineau ont plus complètement démontré : c'est que l'arrêt de la nutrition chez les hystériques peut se produire en relation avec des états pathologiques autres que les vomissements et l'anorexie. »

M. **Darboux**, en présentant à l'Académie le Tome II des *Œuvres de Fourier* qu'il a publiées sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, s'exprime comme il suit :

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le Tome second et dernier des *Œuvres de Fourier*. Il contient les Mémoires détachés que l'illustre physicien-géomètre a publiés dans différents Recueils.

» Les plus importants forment un complément naturel de la *Théorie analytique de la chaleur*. On y trouvera les recherches de Fourier sur la théorie de la chaleur rayonnante, sur le refroidissement séculaire du globe terrestre, sur la température des espaces planétaires, etc.

» Une autre série de travaux se rapporte à la résolution des équations numériques. Fourier a, comme on sait, apporté sur ce sujet des vues nouvelles qui se sont montrées fécondes entre les mains de Sturm et de ses successeurs.

» Enfin, nous avons reproduit aussi un Mémoire important sur le principe des vitesses virtuelles, et différents travaux relatifs à l'analyse des probabilités, que Fourier a publiés pour éclairer les recherches statistiques dont la direction lui avait été confiée par le comte de Chabrol.

» MM. Gauthier-Villars n'ont pas voulu laisser terminer cette édition, digne en tous points de leur réputation, sans joindre au Tome II un beau portrait de Fourier. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions chargées de juger les Concours de l'année 1890, ou de présenter des questions de prix.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Montyon (*Arts insalubres*). — MM. Schlœsing, Fremy, Troost, Schützenberger, Bouchard réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Larrey et Gautier.

Prix Trémont. — MM. Bertrand, Hermite, Sarrau, Berthelot, Fremy réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Daubrée et Deprez.

Prix Gegner. — MM. Bertrand, Hermite, Berthelot, Chauveau, Bouchard réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Fizeau et Daubrée.

Commission chargée de présenter une question de *Grand prix des Sciences mathématiques* pour l'année 1892. — MM. Hermite, Poincaré, Darboux, Jordan, Bertrand réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Picard et Fizeau.

Commission chargée de présenter une question de *Prix Bordin* (*Sciences mathematiques*) pour l'année 1892. — MM. Hermite, Poincaré, Jordan, Darboux, Bertrand réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Picard et Fizeau.

Commission chargée de présenter une question de *Prix Damoiseau* pour l'année 1893. — MM. Faye, Lœwy, Tisserand, Wolf, Janssen réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Mouchez et Bertrand.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Brooks (19 mars 1890), faites à l'équatorial coudé* (0^m,35 *d'ouverture libre*) *de l'observatoire de Lyon;* par M. G. LE CADET, présentées par M. Mouchez.

COMÈTE.

Date 1890.	Temps moyen de Paris.	✶ — ★. Δα.	Δδ.	Nombre de comp.	α app.	Log. fact. parall.	δ app.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 28...	16.21. 7	−0. 7,31	+7.19,3	10:10	21.10.44,50	$9,573_n$	+ 9.19.19,5	0,761	(*a*)
29...	16. 5.39	−0.27,91	+0.21,6	15:15	21.10.51,46	$9,584_n$	+ 9.46.17,0	0,763	(*b*)
Avril 2...	16. 5.57	−3.58,32	−0.29,8	4:12	21.11. 8,97	$9,572_n$	+11.39.55,7	0,748	(*c*)

Positions des étoiles de comparaison.

Date.	★.	Gr.	α moyenne 1890,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1890,0.	Réduction au jour.	Autorités.
			h m s	s	° ′ ″	″	
Mars 28	(*a*)	9	21.10.52,92	−1,11	+ 9.12.12,7	−12,5	⅓[W_1 190 + Sj. 8591 + $Rümk_1$ 9067].
29	(*b*)	8	21.11.20,46	−1,09	+ 9.46. 8,0	−12,6	½[W_1 203 + Gl. 5407].
Avril 2	(*c*)	8	21.15. 8,30	−1,01	+11.40.38,5	−13,0	½[Lam. 2581 + Arg. 4541].

» *Mars* 28. — La comète se présente sous la forme d'une nébulosité presque ronde de l'éclat d'une 11e,5 grandeur, et sans point de condensation remarquable.

» *Remarque.* — Ces observations ont été faites sur champ obscur au moyen du micromètre à fils de platine. Ces fils ont une épaisseur de 7″ d'arc, c'est-à-dire de près de 0^s,5 en temps à l'équateur. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le minimum actuel de l'activité solaire et la tache de très haute latitude de mars* 1890. Note de M. A. RICCO, adressée par M. Janssen.

« Le nombre des taches solaires en 1889 a été bien inférieur à celui des années précédentes; en outre, en 1889, on a observé le Soleil sans tache pendant 203 jours, et en octobre et novembre pendant 40 jours con-

sécutifs. Dans la série des nombres semblables de la période undécennale précédente de l'activité solaire, ces nombres de 1889 correspondent à ceux de 1878, année du minimum, et à une distance précise de 11 ans. Il est donc bien probable que le minimum solaire actuel a eu lieu vers la fin de 1889.

» Cette probabilité s'accroît par le fait de l'apparition, le 4 mars 1890, d'une tache *importante* à une latitude héliographique très élevée; d'après les observations et les calculs faits par moi et l'assistant, M. Mascari, la latitude moyenne de cette tache, du 4 au 14 mars, est $+34°$. Il faut remonter jusqu'à 1881 pour trouver des taches importantes à de si hautes latitudes. La réapparition de pareilles taches indique la fin du minimum; la production des taches va recommencer par les hautes latitudes, d'après la loi de Carrington et Spörer, dont la vérification dans les deux derniers cycles de l'activité solaire a été mise en si grande évidence par M. Christie.

» Il est connu que les petites taches sans pénombre, les *pores*, peuvent apparaître à des latitudes très élevées à toute époque : par exemple, le 7 septembre 1887 et le 30 juin 1889, nous avons observé des *pores* à $+42°30'$ et $-41°$; mais ce ne sont que des phénomènes secondaires et incomplets qui n'ont pas la signification des grandes taches complètes.

» Il faut remarquer que la tache de mars, pendant sa demi-rotation visible, est passée à une bien petite distance du point nord du disque solaire, c'est-à-dire à moins de $\frac{1}{6}$ du diamètre, ce qui donnait l'apparence d'une latitude encore plus élevée. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une transformation des équations différentielles du premier ordre*. Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Picard.

« M. Appell a appliqué aux équations différentielles d'un ordre quelconque (en particulier du premier ordre) entre y et x la transformation

$$y = ay_1 + b, \qquad x = \varphi(x_1).$$

» Dans son Mémoire publié par le *Journal de Mathématiques* (4e série, tome V), il a signalé également la transformation

$$(1) \qquad y = \frac{ay_1 + b}{cy_1 + d}, \qquad x = \varphi(x_1),$$

et M. Elliot, dans une Note récente, a appliqué ces généralités à une classe d'équations particulière. J'ai, de mon côté, indiqué (*Comptes rendus*, octobre 1888) l'utilité que présentent la transformation (1) et les *invariants* correspondants pour l'étude des équations du premier ordre dont l'intégrale n'admet qu'un nombre donné de valeurs se permutant autour des points critiques mobiles. Je veux insister ici sur ce point.

» Soit

$$y' = \frac{P(y, x)}{Q(y, x)} \tag{2}$$

une équation où P et Q représentent deux polynômes en y de degré i et j. Si n désigne le plus grand des deux nombres i et $j+2$, la substitution (1) la plus générale transforme l'équation (2) en une équation analogue où le numérateur est de degré n, le dénominateur de degré $(n-2)$ en y. On peut toujours supposer l'équation (2) écrite sous cette forme, en introduisant (s'il est nécessaire) des coefficients nuls. Pour qu'on puisse passer de l'équation (2) à une équation analogue (2)′, par une substitution (1), *il faut et il suffit que les* $(2n-5)$ *invariants distincts de chaque équation soient égaux respectivement.*

» Il est facile de ramener l'équation (2) la plus générale à une forme *réduite* où ces invariants sont mis en évidence. Soit α une racine, d'ordre p, de l'équation

$$Q(\alpha, x) = 0; \tag{3}$$

en posant

$$y = \frac{\alpha y_1 + \beta}{y_1 + \delta}, \qquad x = \varphi(x_1),$$

on détermine β, δ et φ, à l'aide de deux quadratures, de telle façon que l'équation en y_1, x_1 soit de la forme

$$y'_1 = \frac{y_1^n + a_{n-2}(x_1)y_1^{n-2} + \ldots + a_{(n-p+2)}(x_1)y_1^{n-p+2} + a_{(n-p)}(x_1)y_1^{n-p} + \ldots + a_0(x_1)}{y_1^{n-2-p} + b_{n-1}(x_1)y_1^{n-3-p} + \ldots + b_0(x_1)}. \tag{4}$$

» Les coefficients de y_1^n au numérateur, de y_1^{n-2-p} au dénominateur, sont égaux à l'unité; les termes de degré $(n-1)$ et $(n-1-p)$ manquent au numérateur. A chaque racine α de (3) correspond une forme réduite (4). La racine α étant déterminée, les coefficients de (4) dépendent de deux constantes arbitraires : toutes les équations (4) s'obtiennent en rem-

plaçant dans l'une d'entre elles y_1 par Cy_1, et x_1 par $\left(\frac{x_1}{C^{p+1}} + h\right)$, C et h étant deux constantes. Dans le cas général, $p = 1$; les $(2n - 5)$ coefficients de (4) forment un système d'invariants distincts de l'équation (2). L'équation de Riccati est la seule qui ne puisse se ramener à une forme telle que (4).

» Par exemple, l'équation

$$(5) \qquad y' = \frac{ay^3 + by^2 + cy + d}{ey + f}$$

(déjà étudiée par MM. Appell et R. Liouville) se transforme, par une substitution (1), en la suivante :

$$(5)' \qquad y' = y^3 + J.$$

» De même, l'équation

$$(6) \qquad y' = \frac{ay^4 + by^3 + cy^2 + dy + e}{fy^2 + gy + h}$$

se ramène à l'une des deux formes

$$(6)' \qquad y' = \frac{y^4 + Ay + B}{y + C} \quad \text{ou} \quad y' = y^4 + Ay^2 + B,$$

suivant que les racines du dénominateur sont distinctes ou confondues.

» Proposons-nous maintenant d'étudier les équations (2) dont l'intégrale générale ne prend que deux valeurs autour des points critiques mobiles: ces équations sont de la forme (5) ou (6); on les ramène d'abord aux formes (5)' ou (6)', et l'on détermine facilement les conditions invariantes auxquelles elles doivent satisfaire; on forme même, *explicitement*, toutes ces équations, comme aussi toutes les équations (5) dont l'intégrale ne prend que trois valeurs autour des points critiques mobiles, etc.

» Dans un autre ordre d'idées, on peut chercher à reconnaître si une équation (2) se ramène, par une substitution (1), à une équation (2)' *numériquement* déterminée. La substitution (1), quand elle existe, s'obtient algébriquement, à moins que l'équation considérée n'admette un groupe continu de transformations (1). L'équation de Riccati jouit de cette propriété. Existe-t-il d'autres équations (2) qui restent invariantes pour un tel groupe? Pour le voir, ramenons l'équation (2) à la forme réduite (4). Sous cette forme, l'équation ne peut rester invariante que pour une substi-

tution telle que

$$y = Cy_1, \qquad x = \frac{x_1}{C^{p+1}} + h;$$

on démontre que h est nécessairement de la forme

$$h = \beta\left(1 - \frac{1}{C^{p+1}}\right),$$

β étant indépendant de C; si donc on pose $\xi = (x-\beta)^{-\frac{1}{p+1}}$, l'équation entre y et ξ,

$$y' = f(y, \xi),$$

est telle que la transformation $y = ky_1$, $\xi = k\xi_1$ la laisse invariante. *Donc* $f(y, \xi)$ *est homogène et de degré* 0 : *l'équation s'intègre par quadratures.*

» Plus généralement, soit une équation $(2)'$ dépendant de fonctions et de constantes arbitraires, c'est-à-dire dont les coefficients sont liés par certaines relations différentielles, et proposons-nous de reconnaître si une équation (2) se ramène, par une substitution (1), à une équation $(2)'$. On vérifie s'il en est ainsi algébriquement, et, en identifiant les formes réduites de (2) et de $(2)'$, on voit que la substitution (1), si elle existe, s'obtient à l'aide de quadratures.

» Tous ces résultats s'étendent sans peine aux équations algébriques de degré quelconque en y' et y. En particulier, les équations qui restent invariantes pour un groupe continu de transformations (1) se déduisent, par une telle transformation, des équations homogènes : ladite transformation se calcule d'ailleurs par quadratures, *et l'équation, par suite, est intégrable, sauf quand c'est une équation de Riccati.* »

GÉOMÉTRIE. — *Construction du rayon de courbure de certaines classes de courbes, notamment des courbes de Lamé et des paraboles et hyperboles de divers ordres.* Note de M. G. **Fouret**.

« 1. J'indiquerai d'abord, pour en faire usage dans cette Note, une solution très simple, qui me paraît nouvelle, de la question suivante : *Déterminer le rayon de courbure, en un point m, d'une hyperbole dont on connaît la tangente mt en ce point, un second point o et les directions asymptotiques ox et oy.* En appelant p et q les points de rencontre respectifs de ox et de oy avec mt, et r la projection de o sur la normale en m à l'hyperbole,

on a

$$\rho = \frac{1}{2}\frac{mp.mq}{mr}.$$

» Par suite, *la circonférence passant par les trois points p, q et r coupe la normale mr en un point s, tel que ms est le double du rayon de courbure de l'hyperbole, au point m.* Ces résultats se déduisent de la première des relations contenues dans ma dernière Note [1]. On construit ρ, en remarquant que *le point s est à la rencontre de mr avec la perpendiculaire abaissée de q sur la droite qui joint m au milieu de pr. Le centre de courbure est au milieu de ms.*

» Ces considérations, on va le voir, permettent de déterminer, avec une simplicité extrême, les rayons de courbure de plusieurs classes de courbes.

» 2. Lamé [2] a attiré, le premier, l'attention des géomètres sur les courbes définies, en coordonnées cartésiennes, par une équation de la forme

$$\left(\frac{x}{a}\right)^n \pm \left(\frac{y}{b}\right)^n = 1, \tag{1}$$

n étant un nombre quelconque, positif ou négatif. Ces courbes sont un cas particulier des courbes triangulaires symétriques, et il résulte d'un théorème de M. Jamet, déjà invoqué dans ma Communication précédente [3], que *le rayon de courbure, en un point d'une courbe* (1) *de Lamé, est dans un rapport constant égal à* $\frac{2}{1-n}$, *avec le rayon de courbure, au même point, de l'hyperbole tangente en ce point à la courbe, passant par l'origine des coordonnées et ayant pour directions asymptotiques les axes de coordonnées.* En conséquence, le rayon de courbure en un point m de la courbe (1) a pour expression

$$\rho = \frac{1}{1-n}\frac{mp.mq}{mr},$$

les points p, q, r étant obtenus, comme précédemment (n° 1), à l'aide de la tangente mt, du point o et des droites ox et oy, qui remplissent maintenant le rôle d'origine et d'axes de coordonnées. On déterminera le point s par la construction déjà indiquée (n° 1), et l'on en conclura le rayon de courbure $m\mu = \frac{ms}{1-n}$.

---

(1) Page 779 du présent Volume.

(2) *Examen des différentes méthodes employées pour résoudre les problèmes de Géométrie* (1818).

(3) Page 780 de ce Volume.

» 3. Voici quelques applications : 1° $n = 2$; *conique à centre rapportée à deux diamètres conjugués*. On a $\rho = -ms$. *Le centre de courbure* μ *et les trois points* p, q, r *sont sur une même circonférence*. M. de Longchamps est arrivé à ce résultat, par une voie différente, dans le cas particulier où la conique est rapportée à ses axes (¹).

» 2° $n = \frac{2}{3}$. Ce cas comprend les *développées des coniques à centre* et l'*hypocycloïde à trois rebroussements*. On a alors $\rho = 3ms$. On en conclut immédiatement une propriété connue du rayon de courbure de l'hypocycloïde à trois rebroussements.

» 3° $n = \frac{1}{2}$; *parabole tangente à* ox *et à* oy. On a $\rho = 2ms$. De là un moyen facile de construire les centres de courbure des paraboles qui servent, dans le tracé des routes et des canaux, à raccorder deux alignements droits.

» 4. Les *paraboles* et *hyperboles* de divers ordres sont définies, en coordonnées cartésiennes, par une équation de la forme

$$y = kx^{\nu}, \tag{2}$$

ν étant un nombre quelconque, positif pour les paraboles, négatif pour les hyperboles. D'un théorème sur les courbes anharmoniques (²), dont les courbes (2) ne sont qu'un cas particulier, on conclut que *le rayon de courbure* ρ *en* m *d'une courbe* (2) *est le double du rayon de courbure, au même point, de l'hyperbole qui la touche en ce point, qui passe par l'origine* o *et dont les asymptotes sont parallèles aux axes de coordonnées*. D'où

$$\rho = \frac{mp.mq}{mr}.$$

Par suite, *le centre de courbure* μ *est sur la circonférence passant par les trois points* p, q *et* r.

» 5. On construit ainsi, on ne peut plus aisément, le rayon de courbure, en un point, d'une *parabole ordinaire* ($\nu = 2$), connaissant la tangente en ce point, une seconde tangente et son point de contact, les rayons de courbure de la *parabole semi-cubique* ($\nu = \frac{3}{2}$) et en particulier de la *développée de la parabole du second degré*, de la *parabole cubique* ($\nu = 3$) (³), de l'*hyperbole ordinaire* ($\nu = -1$), dont on connaît un point et les deux asymptotes.

(¹) *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 2ᵉ série, t. XIX, p. 70.

(²) Page 781 de ce même Volume.

(³) On sait que l'on emploie la parabole cubique, dans le tracé des voies ferrées,

» 6. Des considérations analogues s'appliquent à une autre classe de courbes, dont la logarithmique

$$y = k \log x$$

est le type le plus connu.

» Je mentionnerai enfin la famille des courbes, appelées par M. Haton de la Goupillière *courbes sinusoïdes*, et définies, en coordonnées polaires, par l'équation

$$r^n \sin n\theta = k.$$

» Le théorème de M. Jamet, déjà cité, s'applique à ces courbes, et l'on en conclut cette propriété de leur rayon de courbure, remarqué par Maclaurin, d'être dans un rapport constant, égal à $\frac{1}{1-n}$, avec le segment de la normale correspondante, compris entre son point d'incidence et la perpendiculaire menée par le pôle au rayon vecteur de ce point. Il est facile inversement de déduire le théorème de M. Jamet de celui de Maclaurin, à l'aide d'une transformation homographique imaginaire.

» Je compte exposer dans un travail plus étendu les détails qui ne sauraient trouver place ici. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les condensateurs en mica.* Note de M. **E. Bouty**, présentée par M. Lippmann.

« J'ai réalisé quelques expériences en vue de savoir comment se comporte un condensateur en mica (microfarad), lorsqu'on met ses deux armatures en communication permanente avec les deux pôles d'une pile.

» On explique souvent les décharges résiduelles des condensateurs par une pénétration plus ou moins profonde, dans la masse du diélectrique, des électricités opposées des deux armatures. S'il en était ainsi, et dans le cas de condensateurs à lame diélectrique très mince, les électricités, cheminant dans la masse, finiraient par se réunir, et, au bout d'un temps suffisant, un courant d'intensité uniforme i traverserait le circuit du condensateur. Tout se passerait alors, à l'extérieur, comme si la lame du diélectrique

---

pour raccorder les parties droites avec les parties circulaires, de manière à faire varier la courbure d'une manière continue. Je me propose de montrer, dans un autre Recueil, comment les résultats géométriques indiqués dans la présente Note s'appliquent à la solution de ce problème pratique.

était remplacée par un conducteur de résistance r très grande, mais déterminée.

» Pour savoir ce qu'il en est, j'ai introduit dans le circuit du condensateur une résistance en graphite R très considérable en valeur absolue (200 à 400 méghoms), quoique très faible par rapport à la résistance r à évaluer. On mesure, à l'aide d'un électromètre capillaire de M. Lippmann, la différence de potentiel iR aux deux extrémités de cette résistance, on en déduit i, puis on calcule r par la formule

$$(1) \qquad i = \frac{E}{R+r}.$$

La force électromotrice E employée a varié de 1 à 20 éléments Daniell.

» L'observation suivante fournit un contrôle précieux des mesures. On sait que les microfarads commerciaux sont formés de plusieurs condensateurs distincts, que l'on peut associer de manière à former une capacité d'un nombre quelconque de dixièmes de microfarad. Opérons séparément sur l'un de ces condensateurs de capacité électromagnétique c. Soient K la constante diélectrique du mica; S la surface armée; e l'épaisseur du diélectrique; ρ sa résistance spécifique; enfin v le rapport des unités électromagnétiques et électrostatiques. On a

$$(2) \qquad c = \frac{KS}{4\pi e v^2},$$

$$(3) \qquad r = \rho\frac{e}{S};$$

on en tire

$$(4) \qquad cr = \frac{K\rho}{4\pi v^2}.$$

Le second membre de (4) ne contient que des constantes; la résistance r, fournie par la formule (1), doit donc se trouver en raison inverse de la capacité c (bien entendu, au sein d'un même microfarad, pour lequel le constructeur a dû employer des matériaux de même origine).

» Voici maintenant le résultat des expériences. L'intensité i du courant, toujours assez considérable au début, diminue rapidement et, au bout de deux heures par exemple, si l'isolement du circuit est aussi parfait que possible, se réduit à une valeur fort petite, désormais invariable. Avec un microfarad neuf, construit par M. Carpentier, et une force électromotrice

de 11 volts environ, on a trouvé, pour la valeur limite de i,

$$i = 1,59.10^{-11} \text{ ampères.}$$

Alors, l'état permanent étant établi, on a fermé successivement les subdivisions 0,2, — 0,2, — 0,5, de manière à réduire la capacité au dixième de sa valeur initiale. *L'intensité i qui, d'après les formules* (1) *et* (4), *devrait se trouver divisée sensiblement par* 10, *demeure invariable à* $\frac{1}{45}$ *près de sa valeur*, c'est-à-dire à la limite de précision que comportait, dans ces conditions, l'électromètre que j'ai employé [1]. *Le courant résiduel i observé ne peut donc être attribué au passage de l'électricité à travers le diélectrique*, il ne provient que de l'imperfection de l'isolement des diverses parties du circuit et du microfarad lui-même.

» Cette expérience est décisive; puisqu'on peut apprécier, dans les conditions où j'ai opéré, un courant d'intensité $\frac{1,59.10^{-11}}{45} = 3,5.10^{-13}$ ampères, le courant qui passait d'une manière permanente *à travers le diélectrique* du condensateur formé par les subdivisions 0,2, — 0,2, — 0,5 (0,9 microfarad), et dont on n'a pu constater l'existence, était certainement inférieur à cette valeur; on en déduit, par la formule (4),

$$K\rho > 3,19.10^{20} \text{ ohms.}$$

» M. J. Curie [2], dont les expériences sur la résistance des isolants sont d'ailleurs parfaitement d'accord avec les miennes, a trouvé, pour le mica des condensateurs, des valeurs de K comprises entre (4) et (8). Admettons (10), si l'on veut; on aura encore

$$\rho > 3,19.10^{19} \text{ ohms;}$$

ce serait la résistance d'une colonne de mercure de 1^{mmq} de section et de longueur telle que la lumière mettrait plus de 3000 ans à se transmettre dans le vide d'une extrémité à l'autre de la colonne.

» En résumé, l'on doit admettre qu'à la température ordinaire et pour des différences de potentiel de 1 à 20 volts *une lame mince de mica oppose un obstacle absolu au passage continu de l'électricité à travers son épaisseur.*

---

(1) La même méthode, appliquée à un condensateur mal construit ou hors d'usage, est éminemment propre à révéler les fuites intérieures qui peuvent exister dans les diverses subdivisons de l'appareil.

(2) G. Curie, Thèse de Doctorat. Paris, 1888.

Le phénomène des décharges résiduelles, auquel correspond le courant relativement intense qu'on observe encore après plusieurs minutes de charge, ne paraît pas dépendre d'une pénétration véritable de l'électricité dans le diélectrique, mais plutôt d'un accroissement progressif de la constante diélectrique. Ces phénomènes doivent être rapprochés des variations des courants électriques des solides et du résidu élastique. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les actions mécaniques des courants alternatifs*. Note de M. **J. Borgman**, présentée par M. Lippmann.

« Dans ma Note présentée à l'Académie le 3 février 1890 (*Comptes rendus*, t. CX, p. 233), j'ai eu l'honneur de décrire la méthode à l'aide de laquelle on peut facilement reproduire les répulsions des masses conductrices par une bobine traversée par un courant alternatif ou simplement intermittent, découvertes par M. Elihu Thomson. Pour déterminer l'influence de diverses conditions sur l'allure de ce phénomène, j'ai entrepris une série d'expériences à l'aide d'appareils convenablement modifiés.

» Le commutateur, calé sur l'axe du petit moteur de Breguet (mû par 3 accumulateurs, petit modèle), a été accouplé (à l'aide d'un tube en caoutchouc) à l'axe d'un compteur de tours d'un anémomètre de Combes. Pour faire varier le nombre de tours du moteur, une cordelette formant frein entourait la gorge de la poulie calée sur le même axe que le commutateur, et pouvait être tendue plus ou moins par un ressort en boudin.

» Pour mesurer l'intensité des courants alternatifs employés, à l'aide d'un électrodynamomètre sensible de Siemens (qui était le seul à ma disposition), j'ai interposé dans le circuit de ma bobine une autre bobine, plus petite, sans noyau de fer, et j'ai mesuré les courants qu'elle induisait dans une deuxième bobine, qui entourait la première et était reliée avec l'électrodynamomètre. De la sorte, les déflexions de l'électrodynamomètre ont été proportionnelles à $\int i^2\,dt$, si l'on nomme i l'intensité du courant de la bobine à un moment déterminé. (Le courant alternatif a été fourni par des accumulateurs petit modèle, en nombre ne dépassant pas 7.) Pour faciliter la mesure des répulsions, on a muni le plateau de la balance, qui contenait les poids équilibrant le disque; on se servait d'un ressort en boudin, très fin, que l'on pouvait tendre à l'aide d'un fil et d'un treuil à tête divisée, à la manière de l'appareil de M. Jamin pour la mesure de la

distribution du magnétisme. Un centigramme équivalait à 12,4 divisions du treuil.

» En expérimentant avec des disques pleins, j'ai obtenu les résultats suivants :

» 1. Les répulsions d'un disque, placé horizontalement au-dessus d'une bobine, sont proportionnelles aux déflexions de l'électrodynamomètre, c'est-à-dire proportionnelles à $\int i^2 \, dt$.

» 2. Ces répulsions diminuent, si la distance du disque à la bobine augmente (à peu près comme la racine carrée de la distance).

» 3. A diamètre égal, les répulsions augmentent avec l'épaisseur du disque.

» Par exemple, pour un disque en zinc de $75^{mm},9$ de diamètre et de $2^{mm},75$ d'épaisseur, le quotient de la répulsion en centigrammes et de la déflexion de l'électrodynamomètre en divisions de l'échelle a été 0,899; ce nombre est devenu 1,861 pour un disque de mêmes matière et diamètre, mais de $4^{mm},25$ d'épaisseur. Pour deux autres disques en zinc, de $53^{mm},8$ de diamètre et de $2^{mm},75$ et $6^{mm},25$ d'épaisseur, ces nombres ont été trouvés : 0,237 et 0,857.

» 4. L'épaisseur restant la même, les répulsions diminuent avec le diamètre.

» Par exemple, pour les disques de $2^{mm},75$ d'épaisseur et de $75^{mm},9$ et $53^{mm},8$ de diamètre, les répulsions réduites à l'unité de déflexion de l'électrodynamomètre sont : 0,899 et 0,237.

» 5. Les répulsions diminuent quand la résistance spécifique de la matière du disque augmente, mais dans une proportion moindre (à cause de la self-induction). Ainsi, pour des disques de $75^{mm},9$ de diamètre et $2^{mm},75$ d'épaisseur, en cuivre, zinc, laiton et plomb, les répulsions correspondant à une division de l'échelle de l'électrodynamomètre ont été :

1,119, 0,994, 0,821, 0,133,

tandis que les résistances spécifiques de ces métaux sont

0,0185, 0,06, 0,75, 0,22.

» 6. Les répulsions augmentent quand le nombre de changements de direction du courant dans l'unité de temps diminue.

» Quelques séries de mes expériences, dans lesquelles le nombre de changements de direction pendant une minute (n) variait entre 2500 et

13000, ont donné une proportionnalité inverse, presque rigoureuse, de ces deux nombres. (Dans ces expériences, le disque était en cuivre et avait le diamètre de $53^{mm},9$ et l'épaisseur de 8^{mm}.) *En résumé, la répulsion du disque est très approximativement proportionnelle à* $\frac{1}{n}\int i^2\,dt$.

» 7. Un disque en fer était attiré par la bobine à courants alternatifs.

» 8. Dans toutes ces expériences, la bobine était composée d'un simple rouleau de fils de cuivre isolés, de $2^{mm},5$ de diamètre. La hauteur de la bobine était 120^{mm}, son diamètre extérieur 120^{mm} et le diamètre intérieur 43^{mm}; elle a été employée sans noyau de fer. Avec noyau de fer, la répulsion augmentait beaucoup.

» Par exemple, pour $n = 10500$, les répulsions réduites d'un disque en cuivre de $53^{mm},9$ de diamètre et de 8^{mm} d'épaisseur ont été : 4,84 sans noyau et 63,8 en présence du noyau.

» L'influence du nombre d'alternations du courant reste la même que pour la bobine sans noyau. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Halos et parhélies observés au parc de Saint-Maur.* Note de M. E. **Renou**, présentée par M. Mascart.

« Dans la séance du 10 mars, M. Cornu a parlé d'un halo qu'il avait observé le 3, à $3^h\,45^m$; ce halo a été vu aussi au parc de Saint-Maur et dans plusieurs points de la France; il était fort brillant de 11^h du matin à 4^h du soir.

» Nous avions vu une apparition semblable, mais moins éclatante, le 17 février, à 8^h du matin.

» On paraît croire, en général, que ces halos extraordinaires sont plus rares qu'ils ne le sont réellement. Mais c'est l'observation qui fait plutôt défaut que le phénomène : ils sont le plus souvent faibles ou de peu de durée; quelques-uns, surtout le halo circonscrit, occupent une région du ciel très éblouissante; l'arc circumzénithal ne se présente qu'à des hauteurs où l'on ne porte guère les regards, puisqu'il ne se voit qu'à des hauteurs comprises entre 58° et 77°.

» Bravais a donné, il y a près de cinquante ans, la théorie de ces phénomènes, et il en a cité un grand nombre d'exemples avec des figures; mais on n'a jamais fait, à ma connaissance, une statistique de laquelle on puisse déduire leur fréquence.

» Pour combler cette lacune, j'ai relevé sur mes registres toutes les apparitions d'optique atmosphérique notées à l'observatoire du parc de Saint-Maur pendant les dix-sept années météorologiques 1873-1889. Il y a chaque année plus de 100 journées offrant le halo de 21° 50′. Ensuite les autres halos et parhélies ont donné les résultats suivants :

	Jours.
Parhélies de 22°	107
Arc circumzénithal	78
Halo circonscrit	31
Halo de 46°	25
Cercle parhélique	4

» Les autres apparitions sont bien plus rares; telles sont les colonnes verticales, les arcs obliques de l'anthélie, les arcs tangents infra-latéraux du halo de 46°, etc. Un phénomène remarquable par la série compliquée qu'il offrait est celui du 3 mai 1886.

» La répartition des parhélies et halos extraordinaires suivant les années est très irrégulière, puisque, de deux en 1878, elle s'élève à 34 en 1886; mais leur distribution suivant les saisons de l'année offre, au contraire, en moyenne, une assez grande régularité.

» Il ressort du travail de Bravais qu'ils ont deux maxima de fréquence, au printemps et à l'automne. Les observations du parc de Saint-Maur donnent le même résultat.

» Voici, pour les dix-sept années de 1873-1889, le nombre de jours pendant lesquels on a observé au moins un de ces phénomènes :

	Jours.		Jours.
Décembre	4	Juin	19
Janvier	12	Juillet	8
Février	12	Août	8
Mars	24	Septembre	12
Avril	30	Octobre	15
Mai	32	Novembre	15
		Total	191

» Les jours offrant à la fois le halo de 22°, les parhélies de 22°, le halo circonscrit tangent à ce halo, le grand halo de 46° et l'arc circumzénithal

qui lui est tangent au-dessus du Soleil, sont assez rares. Voici la date de ces apparitions :

6 janvier........	1874	28 janvier........	1887
1er juin..........	1876	2 octobre........	1887
21 mars..........	1879	21 novembre.....	1889
29 mars..........	1884	17 février........	1890
3 mai...........	1886	3 mars..........	1890

» Quant à la distribution des halos extraordinaires suivant les saisons, il y a lieu de se demander si elle dépend du phénomène météorologique lui-même, c'est-à-dire de la constitution des cirrus où ils se produisent, ou bien des circonstances qui permettent à l'observateur de les constater. Il est bien évident qu'un mois dont la nébulosité est 37 devra permettre d'observer, dans les mêmes circonstances, deux fois plus de halos qu'un mois dont la nébulosité est 74. De plus, tous ces phénomènes ont des limites de possibilité : ainsi, l'arc circumzénithal ne peut se montrer au delà d'une hauteur du Soleil de 32° 12′ ; mais l'expérience montre qu'on ne le voit jamais que par des hauteurs solaires de 12° à 31°, d'après Bravais ; les observations du Parc sont d'accord avec le dire de Bravais.

» J'ai calculé pour décembre le nombre d'heures pendant lesquelles l'arc circumzénithal peut se montrer ; j'ai fait le même calcul pour juillet : le rapport me donne une fraction que je multiplie par le rapport inverse des nébulosités pendant les heures efficaces. Cela m'a donné à fort peu près le rapport de 1 à 2. Les circonstances atmosphériques qui produisent les halos extraordinaires sont donc les mêmes dans les deux saisons opposées. La comparaison des deux maxima donne un résultat tout pareil. Mais il est remarquable que le maximum de novembre tombe à côté du minimum de décembre. »

NAVIGATION. — *Sur une des causes de perte des navires en fer par suite des perturbations de l'aiguille aimantée. Détermination des écarts de déviation pour chaque navire.* Note de M. **Léon Devaureix**, présentée par M. A. Cornu.

« Pendant six voyages consécutifs sur le *Médoc*, de Bordeaux à la Plata et retour par Dunkerque, j'ai constaté que les mêmes effets magnétiques se reproduisaient identiquement de la même façon. Les vibrations de la

coque causées par la machine en marche, et encore plus rapidement par les treuils à vapeur, employés au débarquement ou à l'embarquement des marchandises, ont déterminé chaque fois une même quantité de déviations de l'aiguille aimantée. La marche de la déviation a clairement démontré que le pôle attirant l'aiguille n'était qu'un pôle résultant. En effet, les fers à l'état intermédiaire entre les fers doux et l'acier étant de natures très diverses, les plus doux s'aimantent les premiers et successivement jusqu'aux plus durs. Il s'ensuit que la position du pôle observé varie et ne se trouve dans le plan du méridien magnétique qui coupe le navire pendant qu'il a longtemps le même cap, qu'après que tous les fers, étant saturés d'aimantation, sont dans les conditions de fers homogènes.

» Les aimantations temporaires durent proportionnellement au temps qu'elles ont mis à se produire, après que le navire est arrivé à destination, s'il n'est pas soumis à des trépidations analogues en sens inverse. Toutes choses égales d'ailleurs, elles persistent le plus dans les parages où la composante verticale de la terre est moindre.

» En dix-huit mois, l'aimantation acquise par le *Médoc* pendant sa construction et l'armement n'a pas changé d'une quantité appréciable.

» Voici le Tableau des variations observées dans les composantes longitudinale P, transversale Q, de l'aimantation permanente à bord de ce vapeur :

Au départ de Bordeaux	$P = +2°,5$	$Q = -10°$
Après trois jours de route entre le sud et l'ouest	$P = +2,5$	$Q = -15$
Après dix jours de route et jusqu'à la Plata	$P = +7,5$	$Q = -15$
Au départ de la Plata après un mois de séjour	$P = +2,5$	$Q = -10$
Après dix jours de route entre le nord et l'est	$P = 0$	$Q = -5$
Avant d'arriver à Dunkerque	$P = -2,5$	$Q = -5$
Au départ de Dunkerque, le navire ayant déchargé au moyen de ses quatre treuils à vapeur 1200 tonneaux en trois jours, pendant lesquels l'avant du navire était tourné en sens inverse de la longue route qu'il venait de parcourir	$P = +2,5$	$Q = -12,5$

» Le compas Thomson du *Médoc* est dans d'excellentes conditions, puisque la force directrice des aiguilles est égale, en moyenne, à 0,98. A l'inspection du Tableau ci-dessus, on comprendra qu'une compensation du compas, même pour une seule traversée, est impossible. Les pertes des bâtiments en fer qui quittent le port avec des temps brumeux s'expliquent, et les capitaines de ces bâtiments ne sauraient trop se mettre en garde

contre les écarts dans les déviations causées par les aimantations temporaires; j'ai été obligé de mettre chaque jour, pendant mes premières traversées, le cap aux points cardinaux qui comprennent la route à suivre, pour déterminer la valeur des composantes P et Q. Dix minutes à chacun des deux points cardinaux ont suffi. J'ai pleinement réussi et j'ai constaté que les écarts étaient toujours les mêmes. Il est évident que, pour chaque bâtiment, le chiffre du coefficient ne sera pas toujours le même; mais il me paraît certain que, une fois évalué, il ne variera que par suite de la perte d'une partie de l'aimantation acquise sur les chantiers. »

CHIMIE. — *Sur la préparation du bioxyde d'iridium.* Note de M. G. **Geisenheimer**, présentée par M. Troost.

« L'iridium métallique étant difficilement attaquable par voie humide, j'ai recherché un composé simple de ce métal qui puisse le remplacer dans la préparation de ses combinaisons.

» On connaît la préparation de l'iridate de potasse $IrO^3, 4KO, 2HO$ (Vauquelin, Debray). On chauffe pendant deux heures de l'iridium avec du nitre et de la potasse dans un creuset d'or. La masse noire cristalline obtenue se dissout aisément dans la potasse, en se colorant en bleu et donnant un iridate basique. Ce composé a l'inconvénient de retenir de la potasse.

» Lorsqu'on chauffe pendant une heure dans un creuset de platine de l'iridate de potasse $IrO^3, 4KO, 2HO$ avec quinze fois son poids d'un mélange de chlorure et de bromure de potassium dans la proportion des équivalents, les prismes qui composent l'iridate se sont presque intégralement transformés en fines aiguilles microscopiques, douées d'un beau reflet mordoré. On reprend par l'eau pour dissoudre le fondant; la solution est fortement alcaline. On lave le résidu à l'eau régale pour dissoudre la petite quantité d'iridate de potasse non transformé. Le produit ainsi obtenu est du bioxyde d'iridium pur cristallisé; on peut le sécher à 100° et même à 150° sans l'altérer.

» Le composé a été analysé de la façon suivante. Il a été chauffé au rouge dans un courant d'hydrogène sec; l'eau a été recueillie. L'iridium restant ne contenait pas trace d'alcali. Sa formule est IrO^2.

» On obtient le même composé, mais à l'état amorphe, en chauffant de l'iridium métallique au rouge vif, soit au contact de l'air, soit dans un cou-

rant d'oxygène. Dans ces conditions, le métal noircit et augmente progressivement de poids. $1^{gr},344$ de métal réduit dans l'hydrogène et séché à 125° a été chauffé pendant dix-huit heures dans un creuset de platine incliné, au-dessus d'un bec Bunsen tout ouvert. Après ce temps, le poids est resté invariable; il avait augmenté de 14,43 pour 100. C'est bien du bioxyde IrO^2. En analyse, l'iridium pourra donc être pesé sous cet état. Cristallisé ou amorphe, le bioxyde obtenu à haute température est inattaquable par voie humide. On doit donc recourir au bioxyde hydraté.

» Le procédé qui consiste à faire bouillir le bichlorure d'iridium avec de la potasse ou du carbonate de potasse pendant plusieurs heures doit être rejeté. On obtient ainsi un mélange d'oxydes d'iridium, souillés encore d'alcali. Nous préparons l'hydrate de bioxyde par l'une des méthodes suivantes :

» 1° On fait bouillir pendant plusieurs heures de l'iridate de potasse dans une solution à 30 pour 100 environ de chlorhydrate d'ammoniaque en grand excès. Les cristaux se transforment peu à peu en un précipité floconneux plus léger; de l'ammoniaque se dégage. La solution doit rester limpide et incolore si l'iridate est pur. On lave plusieurs fois par décantation, puis sur le filtre.

» 2° La solution bleue d'iridate basique qu'on obtient dans la préparation de l'iridate de potassium $IrO^3, 4KO, 2HO$ est additionnée de chlorhydrate d'ammoniaque en excès. La précipitation se fait déjà à froid, surtout si l'on agite le mélange; elle est très rapide à l'ébullition. Le précipité, identique au précédent, se rassemble très bien. Le défaut de ce procédé est la précipitation simultanée des petites quantités de silice, de ruthénium et de fer que peut contenir cette solution.

» 3° Une dernière méthode a l'avantage d'être plus rapide que les précédentes et de donner de l'oxyde purifié de silice, fer et ruthénium. On chauffe 3^{gr} d'iridium pendant deux ou trois heures dans un creuset d'or, au rouge, avec 10^{gr} de soude caustique et 3^{gr} d'azotate de soude. La masse refroidie est reprise par l'eau bouillante.

» Il s'est probablement formé un iridate de soude analogue à celui de potasse; mais il est très instable; l'eau l'altère même à froid avec dégagement d'oxygène; à l'ébullition, la décomposition est très rapide; on ne peut isoler ce sel, même en se servant de la glycérine comme dissolvant.

» En opérant comme il vient d'être dit, on obtient de l'hydrate d'oxyde très pur qui reste comme précipité; il suffit de le laver avec une solution de chlorhydrate d'ammoniaque étendu pour en enlever le peu

d'alcali qui le souille; la solution contient du silicate de soude, du ruthénate de soude et du ferrate de soude; il faut employer un excès d'alcali et opérer rapidement les lavages, si l'on ne veut pas que la silice, l'oxyde de ruthénium et l'oxyde de fer se précipitent de nouveau. L'hydrate ainsi obtenu peut être séché à 100°; il est attaquable par les acides étendus, même l'acide acétique.

» On obtient le même résultat en se servant de la baryte et de l'azotate de baryte; mais la formation de carbonate de baryte au contact de l'air est un grand inconvénient. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'eau oxygénée sur les composés oxygénés du manganèse.* Première Partie : *Action sur les oxydes.* Note de M. **A. Gorgeu**, présentée par M. Friedel.

« L'action de l'eau oxygénée sur les suroxydes de manganèse ne paraît avoir été jusqu'à présent que l'objet d'un examen superficiel. Les faits connus à ce sujet peuvent être résumés en peu de mots : l'eau oxygénée au contact du bioxyde de manganèse est décomposée en eau et en oxygène qui se dégage; le bioxyde ne subit aucune altération et peut servir à une décomposition indéfinie de l'eau oxygénée.

» Les faits qu'une étude plus attentive m'a permis de constater ne sont pas toujours d'accord avec ces conclusions.

» Au contact du bioxyde anhydre pur et cristallisé, obtenu par la décomposition de l'azotate manganeux de 158° à 170°, le dédoublement de l'eau oxygénée n'est pas instantané, il exige environ une heure; quant à l'action opérée sur le bioxyde, elle varie suivant que l'eau oxygénée est légèrement alcaline ou plus ou moins acide.

» Le bioxyde anhydre après avoir décomposé de 2 à 3 équivalents d'eau oxygénée contenant un léger excès de baryte n'a subi aucune altération dans ses états d'hydratation et d'oxydation. La décomposition de ce bioxyde au contact d'eaux oxygénées acides devient sensible, et d'autant plus que le degré d'acidité de celles-ci est plus prononcé : la proportion de bioxyde pur, qui était de 98,5 centièmes dans l'oxyde cristallisé employé, s'est abaissée à 97 et 94,4 centièmes dans les suroxydes de deux expériences où l'on avait décomposé 3 équivalents d'eau oxygénée renfermant l'une 0,05, l'autre 0,2 centièmes d'acide sulfurique.

» Lorsqu'on remplace le bioxyde anhydre par le bioxyde hydraté préparé

à froid, celui qui représente l'acide manganeux sous sa forme la plus active, on observe deux faits caractéristiques de son action sur l'eau oxygénée : il la décompose instantanément et subit, lui-même, une altération profonde et croissante avec les proportions d'eau oxygénée employées. Un bioxyde hydraté, qui, ramené à l'état anhydre, renfermait 97, 5 pour 100 d'acide manganeux, soumis à l'action de 1, 2, 3 équivalents d'eau oxygénée contenant de 4 à 5 volumes d'oxygène, a laissé pour résidus des suroxydes dont la richesse en bioxyde pur s'était abaissée à 75, 73 et 70 centièmes.

» On peut déjà, de ces faits, tirer la conclusion pratique suivante : puisque le bioxyde de manganèse anhydre est déjà notablement décomposé par l'eau oxygénée acide et que le bioxyde hydraté l'est toujours très fortement même au contact de l'eau oxygénée légèrement alcaline, on devra éviter, pour l'analyse de l'eau oxygénée, l'emploi des bioxydes hydratés, et craindre des erreurs sensibles avec ces mêmes composés anhydres, au moins lorsque l'eau oxygénée à analyser est acide.

» En présence de cette décomposition de l'acide manganeux, croissant avec la proportion d'eau oxygénée employée, mais devenant de plus en plus faible à mesure que le suroxyde de manganèse, pris pour point de départ, est moins oxygéné, il y avait lieu de rechercher s'il existait un degré d'oxydation du manganèse, sur lequel l'action réductrice de l'eau oxygénée devînt nulle. Ce composé existe en effet ; c'est le manganite saturé $MnO^2, 2MnO$ ou $(Mn^3O^4)\frac{1}{2}HO$ que l'on obtient en agitant pendant quinze jours à l'air le protoxyde de manganèse encore au sein de son eau mère. L'expérience m'a prouvé, en effet, qu'après avoir soumis à l'action de 2 à 3 équivalents d'eau oxygénée, renfermant 4 ou 5 volumes d'oxygène, des suroxydes hydratés contenant, à l'état anhydre, 11 ; 9,6 ; 8 centièmes d'oxygène, on trouvait ces proportions abaissées à 10,4 ; 9,4 ; 7,8 dans les résidus et que, dans ces mêmes conditions, le manganite neutre n'avait subi aucune altération, ainsi qu'en témoignent les deux analyses de ce suroxyde faites avant et après l'action de l'eau oxygénée :

	Avant.	Après.
MnO	88,79	88,31
Oxygène	7,13	7,10
HO par différence	4,08	4,59
	100,00	100,01
O dans le suroxyde anhydre	7,43	7,44

» L'action réductrice de l'eau oxygénée ne s'exerçant que sur les com-

posés oxydés du manganèse supérieurs au manganite $MnO^2, 2MnO$, il était naturel de penser que, si l'eau oxygénée exerçait une action oxydante sur le protoxyde de manganèse hydraté, le produit de cette action ne devait pas dépasser le suroxyde Mn^3O^4 au delà duquel apparaît l'action réductrice de l'eau oxygénée.

» L'expérience n'a pas confirmé cette prévision.

» Dans quatre expériences où l'on avait mis le protoxyde hydraté en présence d'un excès d'eau oxygénée, on a vu notamment l'oxydation atteindre et quelquefois dépasser notablement le suroxyde Mn^2O^3 qui, anhydre, contient 10,10 centièmes d'oxygène en sus du protoxyde.

» Cette oxydation du protoxyde est-elle bien due à l'action de l'eau oxygénée? Ne devrait-elle pas être plutôt attribuée à l'action de l'oxygène naissant résultant de sa décomposition?

» J'ai constaté à plusieurs reprises que le protoxyde de manganèse anhydre et le carbonate de manganèse précipité n'étaient pas oxydés lorsqu'on les mettait en contact avec des eaux oxygénées renfermant de 1 à 6 volumes d'oxygène. D'autre part, je crois avoir démontré [1] que le composé $MnO^2, 2MnO$ s'oxydait lentement au contact de l'air ou de l'eau aérée et tendait à atteindre le manganite acide MnO^2MnO. Enfin on sait que l'eau oxygénée en présence d'un excès de base énergique se décompose beaucoup plus vite que dans un milieu neutre ou acide.

» Dans l'expérience où l'on fait agir l'eau oxygénée sur le protoxyde de manganèse précipité, il y a dans l'énergie basique de cet oxyde l'élément de la décomposition initiale, élément auquel vient bientôt *s'en ajouter* un second, bien plus actif, je veux dire le suroxyde de manganèse produit sous l'influence de l'oxygène dégagé. Quant au degré d'oxydation du suroxyde qui prend naissance, s'il dépasse celui auquel le protoxyde hydraté arrive naturellement au contact de l'air, ne peut-il être considéré comme dû à l'état *naissant* du gaz oxydant avec lequel il se trouve en contact? »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et chaleur de formation de l'érythrate de soude.* Note de M. DE FORCRAND.

« I. Il résultait des recherches que j'ai faites précédemment que les alcools mono-, di- et triatomiques s'unissent au sodium et au potassium,

---

(1) *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. I, p. 614.

en échangeant au moins 1 équivalent d'hydrogène contre 1 équivalent de métal alcalin, pour former un alcoolate plus ou moins dissociable par l'eau à la température ordinaire, et que l'alcoolate ainsi formé peut se combiner avec 1 molécule d'un alcool mono- ou diatomique, pour donner un composé cristallisé qui se dissocie vers 100°. En outre, l'énergie mise en jeu dans cette substitution du métal à l'hydrogène est très voisine de celle que fournit H^2O^2 pour les alcools monoatomiques, tandis que pour les autres (glycol et glycérine) elle augmente en même temps que l'atomicité. Ces alcools sont donc des *acides* faibles, les monoatomiques étant, à ce point de vue, comparables à l'eau, et les polyatomiques ayant une énergie acide plus marquée.

» Je me suis proposé de rechercher, en étudiant l'action de l'érythrite sur les métaux alcalins, jusqu'à quel point ces lois se vérifiaient pour cet alcool tétratomique.

» M. A. Colson a publié sur ce sujet quelques données [1].

» Il a trouvé pour la chaleur de dissolution de l'érythrite (1 équivalent = 122^{gr}) $- 5^{Cal},2$ à $+18°$ et $- 5^{Cal},12$ à $+9°$.

» Il a aussi déterminé la chaleur de neutralisation de l'érythrite dissoute par 3 équivalents successifs de potasse (1 équivalent = 1^{lit}); les nombres obtenus sont $+ 0^{Cal},66$, $+ 0^{Cal},27$, $+ 0^{Cal},16$, à $+19°$.

» Enfin, il a isolé un érythrate bibasique, $C^8H^8K^2O^8$, par évaporation d'une dissolution d'érythrite en présence d'un excès de potasse.

» Mes premières expériences ont porté sur l'érythrate monosodique $C^8H^9NaO^8$.

» II. L'érythrite donne avec la soude, en dissolution étendue, à $+13°$:

$C^8H^{10}O^8$ (1 équivalent = 2^{lit}) + NaO (1 équivalent = 2^{lit}).... $+ 0^{Cal},69$

» On a trouvé précédemment, avec les mêmes dilutions :

Pour H^2O^2....	$-0,06$	Pour $C^4H^6O^4$..	$+0,28$
Pour $C^2H^4O^2$..	$+0,11$	Pour $C^6H^8O^6$..	$+0,37$

et M. Berthelot a obtenu pour $C^{12}H^{14}O^{12}$ (mannite) le nombre $+1,08$.

» Ces nombres augmentent donc proportionnellement au degré d'atomicité.

» III. Pour obtenir l'érythrate solide, on ne peut songer à faire réagir directement le sodium sur l'érythrite. J'ai cherché à l'isoler par l'action des

---

(1) *Comptes rendus*, t. CIV, p. 113.

alcoolates sodiques monoatomiques sur l'érythrite; c'est le principe de la méthode de E. Letts, qui permet de préparer les glycolalcoolates et les glycérinates alcalins.

» Je n'ai pu isoler l'érythrate $C^8H^9NaO^8$ qu'en employant, comme dissolvant du sodium et de l'érythrite, l'alcool méthylique anhydre. Ce corps dissout beaucoup plus d'érythrite (15 pour 100 environ vers 65°) que les autres alcools.

» On dissout 122^{gr} (1 équivalent) d'érythrite pure, desséchée et pulvérisée, dans 800^{gr} d'alcool méthylique pur et anhydre, à l'ébullition; puis on y ajoute immédiatement une dissolution de 23^{gr} de sodium dans 300^{gr} à 350^{gr} d'alcool méthylique. Le mélange reste liquide. On le chauffe au réfrigérant ascendant pendant cinq ou six heures, à l'ébullition. Puis on distille dans un courant d'hydrogène pur et sec, de manière à ne laisser qu'un peu de liquide pour mouiller les cristaux qui se sont formés en croûtes dures au fond du ballon. Après refroidissement, on étale le produit sur des plaques de porcelaine poreuse placées dans une cloche à l'abri de l'air extérieur. Lorsqu'il a pris l'aspect d'une substance sèche, on le recueille rapidement.

» L'analyse montre que c'est

$$C^8H^9NaO^8, C^2H^4O^2 \quad \text{ou bien} \quad C^2H^3NaO^2, C^8H^{10}O^8$$

(la composition centésimale des deux corps étant la même).

» Cette substance est ensuite chauffée au bain d'huile, à 115°, dans un courant d'hydrogène sec, jusqu'à poids constant. Elle perd ainsi 18,01 pour 100 de son poids, après deux heures environ, ce qui correspond à $C^2H^4O^2$. Le résidu a donc pour composition $C^8H^9NaO^8$.

» IV. C'est l'érythrate de soude. Il forme une poudre blanche, très avide d'eau. Son analyse a fourni 15,80 et 15,75 pour 100 de sodium, tandis que la formule $C^8H^9NaO^8$ exige 15,97.

» La chaleur de dissolution de ce corps dans l'eau (1 équivalent = 144^{gr} dans 4^{lit}), à + 13°, a donné + 0^{Cal},89, d'où l'on déduit :

$C^8H^{10}O^8$ solide + NaO solide = HO solide + $C^8H^9NaO^8$ solide ...... + 22^{Cal},815
$C^8H^{10}O^8$ solide + NaHO^2 solide = H^2O^2 solide + $C^8H^9NaO^8$ solide ...... + 5,81
$C^8H^{10}O^8$ solide + Na solide = H gaz + $C^8H^9NaO^8$ solide ...... + 37,70

» La chaleur de formation à partir des éléments ne peut être calculée, celle de l'érythrite étant inconnue. Si on la désigne par x, on a :

C^8 diam. + H^9 gaz + Na solide + O^8 gaz = $C^8H^9NaO^8$ solide .... $x + 37^{Cal},7$

» D'après les analogies, x doit être compris entre 215^{Cal} et 220^{Cal}.

» V. Les trois nombres obtenus plus haut doivent être rapprochés de ceux que donnent les autres alcools pour les mêmes réactions :

$C^2H^4O^2$	+ 18,32	+ 1,32	+ 33,19
$C^4H^6O^4$	+ 24,22	+ 7,13	+ 39,10
$C^6H^8O^6$	+ 29,02	+ 12,02	+ 43,90

» On voit immédiatement que la progression régulière que semblaient indiquer les premiers alcools s'arrête à la glycérine : l'érythrite serait donc moins *acide* que la glycérine dans son alcoolate solide. Les nombres obtenus, au lieu de surpasser ceux que fournit la glycérine de 4^{Cal} environ, leur sont inférieurs de plus de 6^{Cal}. Cependant on a remarqué que, pour l'état dissous, la progression continue même au delà de l'érythrite, jusqu'à la mannite, c'est-à-dire que l'érythrite dissoute est plus acide que la glycérine dissoute.

» Cette anomalie est certainement due à l'état physique solide de l'érythrite, qui n'est pas comparable à l'état liquide des autres alcools. Ainsi, pour la glycérine, les trois nombres deviendraient + 25,12, + 8,12 et + 40,00, c'est-à-dire à peine supérieurs à ceux du glycol, si on les rapportait à l'état solide de la glycérine, dont la chaleur de fusion est connue et égale à $- 3^{Cal},9$.

» Il faudrait donc supposer que la chaleur de fusion inconnue de l'érythrite est au moins de $- 10^{Cal}$ pour 1 équivalent (122^{gr}). En admettant cette valeur, on aurait, pour l'érythrite liquide :

+ 32,815   + 15,81   + 47,70

» Cette quantité de chaleur $- 10^{Cal}$ serait plus grande, pour un poids égal de matière, que la chaleur de fusion de la glace.

» Cette hypothèse rendrait parfaitement compte de l'anomalie apparente que je viens de signaler; mais elle ne peut être vérifiée que par la détermination directe de la chaleur de fusion de l'érythrite. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés chlorés des amylamines.* Note de M. **A. Berg**, présentée par M. Friedel.

» Wurtz découvrit en 1850 [1], par l'action du chlore sur la méthylamine et l'éthylamine, deux dérivés chlorés : la dichlorométhylamine et la dichloréthylamine.

---

(1) Wurtz, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXX, p. 454 et 474; 1850.

» En 1876, Tcherniac a donné un procédé de préparation de la dichloréthylamine qui consiste à distiller le chlorhydrate d'éthylamine avec un grand excès de chlorure de chaux ([1]). Köhler a préparé la dichlorométhylamine par un procédé analogue ([2]). Enfin Raschig a décrit l'iododiméthylamine.

» J'ai obtenu, en faisant agir les hypochlorites sur les chlorhydrates de mono- et de diamylamine, trois dérivés chlorés : la monochloramylamine, la dichloramylamine et la chlorodiamylamine

$$\mathrm{Az}\left\langle\begin{array}{l}\mathrm{C^5H^{11}}\\ \mathrm{H}\\ \mathrm{Cl}\end{array}\right., \qquad \mathrm{Az}\left\langle\begin{array}{l}\mathrm{C^5H^{11}}\\ \mathrm{Cl}\\ \mathrm{Cl}\end{array}\right., \qquad \mathrm{Az}\left\langle\begin{array}{l}\mathrm{C^5H^{11}}\\ \mathrm{C^5H^{11}}\\ \mathrm{Cl}\end{array}\right..$$

» Ces corps constituent des liquides huileux, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et l'éther, possédant une odeur agréable qui rappelle plus ou moins celle de la dichloréthylamine. L'inhalation de leurs vapeurs occasionne des maux de tête et des vertiges. Ils sont peu stables et se décomposent facilement sous l'action de la chaleur, souvent avec explosion faible.

» Le chlore a été dosé dans ces composés en profitant de l'action de l'éthylate de sodium qui leur enlève tout le chlore à l'état de chlorure de sodium, qu'il suffit ensuite de précipiter par le nitrate d'argent.

» Traités par l'acide chlorhydrique gazeux en solution dans l'éther, ils donnent un dégagement de chlore et régénèrent le chlorhydrate de la base dont on est parti

$$\mathrm{Az}\left\langle\begin{array}{l}\mathrm{C^5H^{11}}\\ \mathrm{H}\\ \mathrm{Cl}\end{array}\right. + 2\,\mathrm{HCl} = 2\,\mathrm{Cl} + \mathrm{HCl},\mathrm{Az}\left\langle\begin{array}{l}\mathrm{C^5H^{11}}\\ \mathrm{H}\\ \mathrm{H}\end{array}\right..$$

» L'acide chlorhydrique concentré chaud produit la même réaction.

» Le même fait s'observe avec la dichloréthylamine qui donne du chlorhydrate d'éthylamine.

» *Monochloramylamine*. — On l'obtient en traitant une solution neutre de chlorhydrate d'amylamine par une solution neutre d'hypochlorite de soude contenant une molécule de chlore actif pour une molécule de chlorhydrate. La couche huileuse surnageante est séparée, lavée à l'eau et

---

([1]) Tcherniac, *Bulletin de la Société chimique*, t. XXIV, p. 451; 1875, et t. XXV, p. 160; 1876.

([2]) Köhler, *Deutsche Chem. Gesellsch.*, p. 771 et 1869; 1879.

séchée sur le sulfate de soude anhydre. La monochloramylamine est un liquide huileux presque incolore, d'odeur d'abord faible, puis piquante. Densité 0,968 à 0°. Elle se solidifie du jour au lendemain en donnant de la dichloramylamine, du chlorhydrate d'amylamine et un liquide qui se produit aussi dans l'action de l'amylamine sur la dichloramylamine et que je n'ai pas encore étudié.

» Cette décomposition a lieu avec une violente ébullition lorsqu'on chauffe quelques gouttes du composé dans un tube à essai.

» Les acides dédoublent la monochloramylamine en amylamine et dichloramylamine.

» Le dosage du chlore a donné :

	Trouvé.	Calculé.
Cl pour 100	31,03	29,17

» La différence est due à l'altérabilité du corps.

» *Dichloramylamine*. — Elle se produit dans l'action des acides étendus sur le composé précédent, et en traitant par une solution d'hypochlorite de soude, contenant deux molécules de chlore actif, la solution d'une molécule de chlorhydrate d'amylamine additionnée d'une molécule d'acide chlorhydrique.

» Mais on l'obtient plus facilement par le procédé employé par Tcherniac pour préparer la dichloréthylamine. La dichloramylamine passe dans les premières portions de liquide distillées.

» C'est un liquide huileux, jaune d'or, d'odeur très irritante, que l'on lave avec de l'hyposulfite de soude faible, de l'acide sulfurique étendu, de l'eau, et que l'on sèche sur le sulfate de soude. Il est bon, pour faciliter les lavages, de saturer les liqueurs de sulfate de soude.

» Ce corps se conserve bien quand il est pur. Sa densité à 0° est 1,063. Il distille sans altération dans le vide à 49° sous 14^{mm} et à 58° sous 22^{mm}. A la pression atmosphérique, il bout vers 142°, mais en se décomposant en grande partie, et il peut alors donner lieu à des explosions si l'on en distille une dizaine de grammes. Un mélange d'une molécule de dichloramylamine et de deux molécules d'amylamine s'échauffe, se solidifie en partie et fournit ainsi du chlorhydrate d'amylamine et un liquide dont je fais l'étude :

» Le dosage du chlore a donné

	Trouvé.	Calculé.
Cl pour 100	45,54	45,45

» *Chlorodiamylamine*. — Ce corps s'obtient aisément en traitant une

solution tiède de chlorhydrate de diamylamine par l'hypochlorite de soude, de façon à avoir 1 molécule de chlore actif pour 1 molécule de chlorhydrate. Le liquide surnageant est traité comme la dichloramylamine.

» Liquide huileux incolore, d'odeur faible, un peu vireuse. Densité à 0° 0,897. Il se solidifie à — 20° en une masse blanche et s'altère lentement en déposant des paillettes blanches.

» Quelques gouttes chauffées dans un tube à essai se décomposent avec une vive décrépitation. Dans le vide, le point d'ébullition est situé à 89° sous la pression de 12^{mm}.

» Mélangé à l'amylamine, ce corps ne réagit pas à froid, mais à chaud le mélange se solidifie.

» Le dosage du chlore a donné :

	Trouvé.	Calculé.
Cl pour 100	18,38	18,51

» Ce travail a été fait au laboratoire de Chimie industrielle de la Faculté des Sciences de Marseille. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fermentation alcoolique du sucre interverti.* Note de MM. U. Gayon et E. Dubourg, présentée par M. Pasteur.

« Lorsqu'on suit au polarimètre la fermentation alcoolique du sucre interverti, on constate, avec les levures usuelles, que la rotation gauche initiale du liquide augmente d'abord en valeur absolue, passe par un maximum, diminue ensuite, atteint sa valeur initiale et décroît enfin progressivement jusqu'à zéro (Dubrunfaut, Soubeiran, Maumené, Bourquelot). Ce résultat est dû à la fermentation inégale des deux sucres constituant le sucre interverti : au début, le glucose est détruit en plus grande quantité que le lévulose.

» La plupart des espèces pures issues des levures industrielles se comportent de la même façon. Si l'on représente graphiquement la relation qui existe entre les rotations polarimétriques et les quantités totales de sucre fermenté, on obtient une courbe parabolique, dont la forme est constante pour une même levure placée dans les mêmes conditions, mais variable dans d'assez grandes limites d'une espèce à l'autre. Le Tableau

suivant donne la mesure des variations constatées avec diverses espèces cultivées à la température de 25° :

Désignation des levures.	Rotation gauche initiale en div. sacchari-métriques.	Rotation gauche maximum en div. sacchari-métriques.	Accroissement maximum de la rotation.
1. R Levure non inversive..............	100	103	3
2. M Levure de brasserie, inversive......	100	105	5
3. P *Saccharomyces pastorianus*, invers.	100	107	7
4. C Levure haute, inversive...........	100	108	8
5. H Levure inversive..................	100	110	10
6. A Id.	100	112	12
7. B Levure de brasserie, inversive......	100	122	22
8. Z Levure inversive..................	100	125	25
9. Mycolevure Duclaux, non inversive.. .	100	129	29
10. *Mucor alternans*, non inversif......	100	165	65

» Avec la levure de *Mucor*, le glucose disparaît beaucoup plus vite que le lévulose, tandis qu'avec la levure R, par exemple, les deux sucres fermentent en quantités à peu près égales.

» Les courbes obtenues avec ces diverses levures sont donc plus ou moins aplaties; mais elles ont toutes leur courbure dirigée dans le même sens, et la rotation est toujours gauche. Elles sont peu modifiées par la température, la concentration, l'acidité et autres circonstances du phénomène.

» Il existe d'autres espèces de levures qui, contrairement aux précédentes, font fermenter le lévulose plus vite que le glucose. Quand elles agissent sur du sucre interverti, la rotation initiale de la solution diminue rapidement en valeur absolue, devient nulle, change de signe, atteint un maximum à droite et redevient nulle, sans repasser à gauche. Les courbes correspondantes ont encore une forme parabolique, mais leur courbure est de sens contraire aux premières. Nous possédons actuellement quatre levures jouissant de cette nouvelle propriété; l'une des plus actives est une sorte de *Saccharomyces exiguus*, inversive, désignée dans nos notes par la lettre S. Dans une solution nutritive de sucre interverti, cette levure a donné, à la température de 25° :

Durée de l'expérience.	Rotation en divisions saccharimétriques.	Sucre réducteur total non fermenté par litre.	Glucose non fermenté par litre.	Lévulose non fermenté par litre.
h		gr	gr	gr
0	−190	102,0	51,0	51,0
24	−154	97,1	51,0	46,1
34	− 53	79,4	46,7	32,7
48	+ 38	61,3	43,0	18,3
58	+ 61	38,1	28,9	9,2
72	+ 57	26,3	21,2	5,1
82	+ 20	10,9	8,4	2,5
96	0	0,0	0,0	0,0

» Les propriétés électives de cette levure sont donc directement opposées à celles des levures déjà connues; elles sont aussi beaucoup plus influencées par les variations de température et de constitution du milieu de culture. Ainsi, en prenant 100 pour rotation initiale et rapportant les observations à ce terme commun de comparaison, les rotations maxima à droite, obtenues dans des essais comparatifs, deviennent par le calcul :

Proportion de sucre interverti.	Acidité initiale.	Température de la fermentation.	Rotation droite maxima.
		°	
10 pour 100	0,0	10	81
		25	41
		40	8
10 »	2,4	25	23
25 »	0,0	10	123
		25	102
		40	73
25 »	2,4	25	104

» Ces nombres donnent des courbes ayant les mêmes extrémités, la même forme générale, mais très différentes par la valeur des rayons de courbure aux sommets. Avec 10 pour 100 de sucre interverti et à température élevée, les lignes sont relativement aplaties, tandis qu'à basse température, et surtout avec des solutions concentrées, elles se confondent presque avec deux lignes droites. Dans ce dernier cas, le lévulose peut disparaître en entier avant que le glucose ne commence à fermenter.

» Les trois autres levures que nous avons isolées possèdent les mêmes propriétés générales que la levure S, mais elles sont sans action inversive sur le sucre de canne; l'une d'elles est une variété de levure apiculée.

» Il résulte de ces recherches que les levures alcooliques ne diffèrent pas seulement par leur forme, leur action sur le saccharose, leur puissance comme ferment, etc., mais encore par leur mode d'action sur les éléments constitutifs du sucre interverti.

» Ces propriétés nouvelles expliquent certaines anomalies qu'on rencontre dans le pouvoir rotatoire des boissons fermentées et dans l'analyse des sucres bruts et des mélasses. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la fermentation alcoolique et la transformation de l'alcool en aldéhyde provoquées par le champignon du muguet.* Note de MM. **Georges Linossier** et **Gabriel Roux**, présentée par M. A. Chauveau.

« I. L'action du champignon du muguet sur les solutions sucrées a donné lieu jusqu'à ce jour à des affirmations contradictoires. Tandis que Grawitz ([1]) le considère comme un ferment alcoolique, Rees ([2]) ne lui reconnaît cette qualité qu'à un degré *exceptionnellement* faible; van Tieghem ([3]) le classe parmi les *Saccharomyces* qui ne font pas fermenter le sucre et M. Laurent, dans un article tout récent ([4]), affirme n'avoir pu obtenir de fermentation véritable sous son influence.

» Il entrait dans le cadre de nos recherches de donner de ce problème, par des expériences précises, une solution définitive.

» Nous avons ensemencé à cet effet divers liquides fermentescibles, préalablement stérilisés et maintenus à l'abri des germes atmosphériques, avec une trace de champignon du muguet provenant d'une culture pure. Les quantités maxima d'alcool obtenu furent, en volume, dans le moût de raisins secs, 5,5 pour 100; dans le moût de bière, 4,6 pour 100; dans des solutions sucrées ne renfermant, outre le sucre, que des sels minéraux, 2,7 pour 100.

([1]) *Virchow's Archiv;* 1877.
([2]) *Sitzungb. der phys. med. Soc. zu Erlangen;* 1877.
([3]) *Éléments de Botanique;* 1889.
([4]) *Bulletin de la Société belge de Micrographie;* 1890.

» Le champignon du muguet doit donc être rangé parmi les ferments alcooliques. Outre le glucose, il fait fermenter le lévulose et le maltose. Il se développe aux dépens du saccharose, sans le faire fermenter ni l'intervertir. Il ne peut assimiler le lactose. Dans un mélange de glucose et de lévulose, il s'attaque dès le début de la fermentation aux deux sucres, mais détruit le premier en quantité plus grande.

» Les produits accessoires de la fermentation sont, outre la glycérine et l'acide succinique, de l'acide acétique en proportion notable (un onzième du poids de l'alcool dans une fermentation et jusqu'à un septième dans une fermentation identique, mais dans laquelle la neutralité du liquide était maintenue par l'addition d'un peu de carbonate de chaux), un peu d'acide butyrique (de un dix-septième à un trentième du poids de l'acide acétique) et une assez grande quantité d'aldéhyde.

» II. L'acide acétique et l'aldéhyde sont des termes constants de la fermentation alcoolique normale. Le premier est considéré par M. Duclaux comme un produit d'excrétion de la levure, la seconde par MM. Schützenberger et Destrem comme un des termes du dédoublement du sucre au même titre que la glycérine et l'acide succinique. Il se peut que, dans les fermentations provoquées par le muguet, une fraction de l'aldéhyde et de l'acide acétique obtenus reconnaisse la même origine; mais cette fraction est certainement minime, surtout en ce qui concerne l'aldéhyde, et la plus grande partie des deux corps provient d'une oxydation de l'alcool préformé avec intervention de l'oxygène de l'air, sans lequel le muguet ne peut se développer.

» Les propriétés oxydantes du muguet vis-à-vis de l'alcool sont faciles à mettre en évidence : il suffit d'en semer une trace sur une solution très étendue d'alcool additionnée de sels minéraux convenables ; le végétal se développe facilement et l'alcool disparaît peu à peu, remplacé par un mélange d'aldéhyde et d'acide acétique.

» On peut se demander si ces deux corps sont au même titre des produits de l'activité du muguet. Nous avons quelque tendance à croire que non, que le muguet ne pousse l'oxydation de l'alcool que jusqu'au terme aldéhyde et que la formation de l'acide acétique aux dépens de cette dernière est exclusivement attribuable à l'action de l'air, sans intervention d'un phénomène biologique. Ce qui rend vraisemblable cette interprétation, c'est que l'aldéhyde est inutilisable pour le muguet et ne peut lui servir d'aliment. Semé sur une solution étendue de ce corps additionnée de sels minéraux convenables, le végétal ne s'y développe pas.

» C'est la première fois, à notre connaissance, qu'est signalée chez un organisme inférieur cette propriété de transformer l'alcool en aldéhyde. On a constaté, il est vrai, la présence de ce dernier corps dans le vinaigre, mais sa proportion y est toujours minime. Au contraire, dans l'action du muguet sur l'alcool, l'aldéhyde est à coup sûr le terme principal et peut-être le terme définitif de l'oxydation.

» III. La constatation du rôle de ferment alcoolique du muguet semble de prime abord fournir un argument aux auteurs qui le rangent parmi les *Saccharomyces*. L'étude attentive de la fermentation conduit à une conclusion toute différente.

» La teneur maxima en alcool des liquides fermentés est toujours moindre que dans les fermentations provoquées par les *Saccharomyces* les mieux connus, et se rapproche de celle que présentent les liquides fermentés sous l'influence de certaines mucorinées (*Mucor racemosus, spinosus, circinelloides,* etc.). Ce maximum n'est d'ailleurs atteint qu'après trois à cinq mois, et cette lenteur est encore un caractère des fermentations provoquées par les *Mucor*.

» Le rapport du poids de l'alcool formé au poids du sucre détruit est moindre pour le muguet que pour la levure (0,38 au maximum, au lieu de 0,50); moindre aussi le rapport du poids du sucre détruit au poids du végétal développé (16 et 19, au lieu de 34, dans des expériences comparatives, dans lesquelles toutes conditions d'aération, de milieu, de température, etc., avaient été rendues aussi identiques que possible). Or, ces deux rapports peuvent, dans une certaine mesure, fournir une expression numérique du pouvoir-ferment d'un champignon.

» Contrairement aux levures usuelles, et comme les *Mucor* les mieux étudiés, le muguet n'intervertit pas et ne fait pas fermenter le saccharose.

» Le muguet, enfin, résiste beaucoup moins à la privation d'oxygène que la levure de bière. Tandis que cette dernière est sans action sur l'alcool qu'elle produit, le muguet le détruit avec formation d'aldéhyde. Il est à la fois ferment alcoolique et agent d'oxydation.

» En résumé, la fermentation alcoolique provoquée par le muguet présente beaucoup plus les caractères de la fermentation par les *Mucor* immergés que ceux de la fermentation par la levure de bière. Son étude nous fournit une confirmation précieuse de nos recherches morphologiques, qui nous avaient conduits à rayer le champignon du muguet du groupe des *Saccharomyces*. »

GÉOLOGIE COMPARÉE. — *Examen lithologique et géologique de la météorite de Jelica (Serbie).* Note de M. **Stanislas Meunier**.

« Il est tombé le $\frac{\text{19 novembre}}{\text{1}^{\text{er}}\text{ décembre}}$ 1889, aux environs de Jelica, en Serbie, une pluie de météorites dont les caractères lithologiques présentent un intérêt exceptionnel au point de vue de la Géologie comparée. Le Muséum d'Histoire de Paris en possède un très bel échantillon, qu'il a reçu de M. Zujovic, de Belgrade, en même temps que la relation du phénomène (1).

» On reconnaît, à première vue, cette circonstance très singulière que la météorite de Jelica est sensiblement identique à la météorite tombée également en Serbie, à Soko-Banja, près Alexinatz, le 13 octobre 1872, et dont j'ai soumis la description à l'Académie (2). Ces deux météorites, qui sont les seules qu'on ait jusqu'ici recueillies en Serbie, sont aussi les seules que comprenne le type lithologique désigné dans la collection du Muséum sous le nom de *banjite* (3).

» Ce qui donne une très haute signification à cette roche remarquable, c'est qu'elle est bréchiforme, c'est-à-dire formée par la juxtaposition de fragments différents les uns des autres, et qu'elle témoigne ainsi de la relation stratigraphique antérieure des masses pierreuses dont les débris la constituent. En effet, sur ses cassures, la météorite de Jelica montre, dans une masse d'un gris clair à structure un peu lâche et globulifère, de petits blocs anguleux beaucoup plus foncés et à grain serré et cristallin.

» Si l'on prélève des échantillons séparés de ces deux éléments, on est frappé de leur aspect différent et, ce qui est d'un vif intérêt, on arrive sans peine à identifier chacun d'eux à un type particulier de roches cosmiques représenté par des météorites distinctes.

» La masse générale, blanchâtre et oolithique, est de la *montréjite*, type auquel appartiennent, entre autres, les météorites de Montréjeau (1858), de Hessle (1869), de Searmont (1871), d'Assisi (1886), etc.; les fragments foncés sont du type *erxlébénite*, dont dépendent les pierres tombées à

---

(1) *Annales géologiques de la péninsule balkanique*, t. II, fascicule I.
(2) *Comptes rendus* du 14 février 1881.
(3) *Guide dans la collection de météorites du Muséum*, 1889.

Ensisheim (1492), à Erxleben (1812), à Kernouve (1869), à Djati-Pengilon (1884), etc.

» Tout le monde reconnaîtra d'un coup d'œil la différence entre ces deux types : dans la collection de Vienne, ils sont distingués comme au Muséum, seulement on les y désigne respectivement sous les noms de *Kugelchenchondrit* et de *Krystallinerchondrit*.

» L'identification de la masse générale et des fragments de la météorite de Jelica aux deux types *montréjite* et *erxlébénite* résulte pour moi d'analyses chimiques et microscopiques que je viens de terminer au laboratoire de Géologie du Muséum : il n'y a pas lieu d'en donner ici le détail, que reproduisent, jusque dans les particularités intimes, les données fournies antérieurement par la météorite de Soko-Banja. Il faut seulement noter un caractère spécial de structure des brèches qui m'occupent : c'est le peu d'adhérence des fragments anguleux avec la matrice dans laquelle ils sont noyés. Sous le choc du marteau, ils tombent facilement en laissant en creux une empreinte de leur forme. C'est ce qu'on observe pour bien des brèches terrestres et, par exemple, pour les trachytes conglomérés auxquels on donne le nom de *trass*.

» En résumé, par l'ensemble de ses caractères, la météorite de Jelica nous contraint à voir, dans le milieu d'où elle dérive, un ensemble géologique où, à la suite de la constitution normale de roches distinctes, se sont exercées des actions de concassement, puis de charriage, de mélange et de cimentation des débris produits. Cette conclusion, tout à fait défavorable à l'opinion d'une assimilation des météorites aux étoiles filantes et aux comètes, a, au point de vue de l'histoire générale des pierres tombées du ciel, une importance trop grande pour que je ne l'aie pas signalée.

» Tout le monde est d'avis qu'une semblable opinion résulte nécessairement de la constatation de vraies brèches parmi les météorites ; aussi les opposants, d'ailleurs de moins en moins nombreux, s'attachent-ils à contester qu'il y ait autre chose parmi les roches cosmiques que des masses constituées d'un seul jet. Parmi les plus fidèles partisans de cette manière de voir, il est intéressant de citer ici M. Brézina, conservateur de la collection minéralogique de Vienne. Dans son Catalogue, daté de 1885, il n'hésite pas à faire entrer la météorite de Soko-Banja dans son vingt-deuxième groupe lithologique, celui des *Kugelchenchondrit*, où l'on trouve pêle-mêle, avec des montréjites parfaitement caractérisées, des roches absolument différentes comme celles d'Eichtadt, qui est une lucéite ; de La Baffe, qui est une canellite ; de Lancé, qui est une ménite, etc. M. Bré-

zina ne consent même pas, malgré ses véritables *galets*, à mettre la météorite de Soko-Banja parmi ses *Kugelchenchondrit breccienähnlich :* on peut espérer que la répétition de faits analogues à ceux que nous procure aujourd'hui la météorite de Jelica fera enfin le jour dans son esprit. »

M. de Jonquières dépose sur le bureau trois Volumes du *Journal d'histoire des Mathématiques*, publié à Stockholm par M. Gustaf Eneström, qui l'a chargé de les offrir, de sa part, à l'Académie des Sciences.

« Ces trois Volumes se rapportent aux années 1887, 1888 et 1889, et forment une « nouvelle série » de cette publication.

» Dans un article inséré à la page 3 du Volume de 1887, sous le titre : « Aperçu sur les recherches récentes de l'histoire des Mathématiques », M. Eneström, qui écrit purement notre langue, « fait ressortir le grand » mouvement actuel vers l'étude de l'histoire des Mathématiques », et termine « en exprimant l'espoir que l'importance de cette étude au point » de vue pédagogique, scientifique et historique sera de plus en plus » reconnue par tous les géomètres ».

» M. Eneström, dont le talent, l'érudition et le zèle pour les recherches de cette nature sont bien connus, appelle le concours de collaborateurs nouveaux pour son intéressante et importante publication.

» Aux trois Volumes précités, M. Eneström a joint un fascicule de quelques pages, intitulé : « Programme d'un Cours d'histoire des Mathématiques », fruit de vastes recherches dirigées avec autant de soin que d'impartialité. »

A 3 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Mécanique, par l'organe de son Doyen M. *Resal*, présente la liste suivante de candidats à la place laissée vacante par le décès de M. *Phillips* :

En première ligne	M. Léauté.
En deuxième ligne.	M. Sebert.
En troisième ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*.	M. Bazin. M. Félix Lucas.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures un quart. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 avril 1890.

Œuvres de Fourier, publiées par les soins de M. Gaston Darboux, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique. Tome second. *Mémoires publiés dans divers Recueils*. Paris, Gauthier-Villars et fils, MDCCCXC; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Bibliotheca mathematica. Journal d'histoire des Mathématiques, publié par Gustaf Eneström. Stockholm, 1887-1889; 3 br. in-8°. (Présenté par M. de Jonquières.)

Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, publié sous la direction du Conseil d'administration. Troisième série. Tome IV. 1re livraison, 1890.

— *Congrès international des Mines et de la Métallurgie. Travaux du Congrès.* Saint-Étienne, au siège de la Société; 1 vol. gr. in-8°.

Service géographique de l'armée. Rapport sur les travaux exécutés en 1889. Paris, L. Baudoin et Cie, 1890; br. gr. in-8°. (Deux exemplaires.)

Bulletin de la Société de Géographie. Septième série. Tome X. 4e trimestre 1889. Paris, Société de Géographie, 1889; br. in-8°.

Congrès international de Zoologie (Paris, 1889). *Compte rendu des séances du Congrès international de Zoologie,* publié par Raphael Blanchard. Paris, au siège de la Société zoologique de France, 1889; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. A. Milne-Edwards.)

Guide pratique des pesages; par le Dr Sutils. Paris, G. Steinheil, 1889; 1 vol. in-16 et 1 atlas. (Envoyé au concours du prix Bellion.)

Les pneumo-entérites infectieuses des fourrages ou variétés des affections typhoïdes des animaux solipèdes; par MM. Galtier et Violet. Lyon, Pitrat aîné, 1890; 1 vol. gr. in-8°.

Proceedings of the Academy of natural Sciences of Philadelphia. Part III, october-december 1889. Philadelphia, 1890; 1 vol. in-8°.

Natural history of Victoria. Prodromus of the zoology of Victoria. Decade XIX. Melbourne, 1889; br. gr. in-8°.

Bulletin of the Museum of comparative Zoology, at Harvard College. Vol. XIX, n° 1, *Studies on lepidosteus.* Part I, by E.-L. Mark. Cambridge, U.S.A., printed for the Museum, 1890; 1 vol. in-8°.

Observatorio nacional argentino. Vol. XI. (*Resultados del observatorio nacional argentino en Cordoba* durante la direccion del Dor Benjamin A. Gould, revisados y publicados por el Director Juan M. Thome.) *Observaciones del año* 1878. Buenos Aires, E. Coni é Hijos, 1889; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 24 mars 1890.)

Note de MM. *Jolyet* et *de Nabias* et non *Joly* et *de Nabias*.

(Séance du 14 avril 1890.)

Note de M. *G. Fouret*, Construction du rayon de courbure des courbes triangulaires symétriques, etc.

Page 780, ligne 9, au lieu de *ka*, lisez *km*.

Note de M. *Ch. Contejean*, Les cailloux impressionnés :

Page 811, ligne 20, *au lieu de* Des poudingues tertiaires des collines, *lisez* Les poudingues tertiaires de la colline.